Acerca de este libro

Esta es una copia digital de un libro que, durante generaciones, se ha conservado en las estanterías de una biblioteca, hasta que Google ha decidido escanearlo como parte de un proyecto que pretende que sea posible descubrir en línea libros de todo el mundo.

Ha sobrevivido tantos años como para que los derechos de autor hayan expirado y el libro pase a ser de dominio público. El que un libro sea de dominio público significa que nunca ha estado protegido por derechos de autor, o bien que el período legal de estos derechos ya ha expirado. Es posible que una misma obra sea de dominio público en unos países y, sin embargo, no lo sea en otros. Los libros de dominio público son nuestras puertas hacia el pasado, suponen un patrimonio histórico, cultural y de conocimientos que, a menudo, resulta difícil de descubrir.

Todas las anotaciones, marcas y otras señales en los márgenes que estén presentes en el volumen original aparecerán también en este archivo como testimonio del largo viaje que el libro ha recorrido desde el editor hasta la biblioteca y, finalmente, hasta usted.

Normas de uso

Google se enorgullece de poder colaborar con distintas bibliotecas para digitalizar los materiales de dominio público a fin de hacerlos accesibles a todo el mundo. Los libros de dominio público son patrimonio de todos, nosotros somos sus humildes guardianes. No obstante, se trata de un trabajo caro. Por este motivo, y para poder ofrecer este recurso, hemos tomado medidas para evitar que se produzca un abuso por parte de terceros con fines comerciales, y hemos incluido restricciones técnicas sobre las solicitudes automatizadas.

Asimismo, le pedimos que:

+ *Haga un uso exclusivamente no comercial de estos archivos* Hemos diseñado la Búsqueda de libros de Google para el uso de particulares; como tal, le pedimos que utilice estos archivos con fines personales, y no comerciales.

+ *No envíe solicitudes automatizadas* Por favor, no envíe solicitudes automatizadas de ningún tipo al sistema de Google. Si está llevando a cabo una investigación sobre traducción automática, reconocimiento óptico de caracteres u otros campos para los que resulte útil disfrutar de acceso a una gran cantidad de texto, por favor, envíenos un mensaje. Fomentamos el uso de materiales de dominio público con estos propósitos y seguro que podremos ayudarle.

+ *Conserve la atribución* La filigrana de Google que verá en todos los archivos es fundamental para informar a los usuarios sobre este proyecto y ayudarles a encontrar materiales adicionales en la Búsqueda de libros de Google. Por favor, no la elimine.

+ *Manténgase siempre dentro de la legalidad* Sea cual sea el uso que haga de estos materiales, recuerde que es responsable de asegurarse de que todo lo que hace es legal. No dé por sentado que, por el hecho de que una obra se considere de dominio público para los usuarios de los Estados Unidos, lo será también para los usuarios de otros países. La legislación sobre derechos de autor varía de un país a otro, y no podemos facilitar información sobre si está permitido un uso específico de algún libro. Por favor, no suponga que la aparición de un libro en nuestro programa significa que se puede utilizar de igual manera en todo el mundo. La responsabilidad ante la infracción de los derechos de autor puede ser muy grave.

Acerca de la Búsqueda de libros de Google

El objetivo de Google consiste en organizar información procedente de todo el mundo y hacerla accesible y útil de forma universal. El programa de Búsqueda de libros de Google ayuda a los lectores a descubrir los libros de todo el mundo a la vez que ayuda a autores y editores a llegar a nuevas audiencias. Podrá realizar búsquedas en el texto completo de este libro en la web, en la página `http://books.google.com`

A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

Stanford University Libraries
3 6105 117 282 157

621.305
E38

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

Digitized by Google

9813. — PARIS, IMPRIMERIE A. LAHURE
9, rue de Fleurus, 9

Digitized by Google

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

Paraissant le 1er et le 15 de chaque mois

Rédacteur en chef

E. HOSPITALIER

Ingénieur des Arts et Manufactures
Professeur à l'École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris

---

TOME SIXIÈME

DU 1er JUILLET AU 15 DÉCEMBRE 1883

PARIS

G. MASSON, ÉDITEUR

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE DE MÉDECINE

120, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, EN FACE L'ÉCOLE DE MÉDECINE

1883

Digitized by Google

129716

Digitized by Google

Tome VI. 1er juillet 1883 N° 54.

L'ÉLECTRICIEN

REVUE GÉNÉRALE D'ÉLECTRICITÉ

AVIS AUX ABONNÉS

Par suite de la retraite de M. N. de Kabath, M. *G. Masson* reste, à partir du 1er juillet, le seul propriétaire et le gérant du journal l'Électricien.

M. *E. Hospitalier* est devenu, à la même date, le Rédacteur en chef du journal auquel il avait, dès sa fondation et jusqu'au mois de juin 1882, été attaché en qualité de Secrétaire de la rédaction. Le concours de tous les anciens collaborateurs lui reste entièrement acquis.

Indépendant de toute attache financière ou industrielle, l'Électricien continuera, avec la collaboration des savants et des praticiens les plus éminents, à être l'organe du mouvement scientifique, en faisant une large part aux mémoires des savants français et étrangers, et du mouvement industriel, en ne négligeant aucune des applications si nombreuses de l'électricité.

68.

Digitized by Google

SUR LE TRAVAIL DES PILES LECLANCHÉ

EN SERVICE

SUR LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE PARIS

La quantité d'énergie dépensée par un poste téléphonique est une valeur utile à connaître. Il m'a paru que cette évaluation pouvait être obtenue aisément, par la pesée des zincs dans les piles Leclanché qui desservent les microphones.

M. Berthon, ingénieur chef des services techniques à la Société générale des Téléphones, à qui j'ai soumis mon projet de mesure, ne s'est point contenté de l'approuver ; il s'est empressé d'en assurer la bonne et prompte réussite en mettant gracieusement à ma disposition le réseau téléphonique parisien et le personnel de la Société.

Les expériences ont été faites dans six postes désignés par M. Berthon comme étant des plus actifs ; ce sont les appareils nos 27 et 32 du bureau A (avenue de l'Opéra), les deux appareils du cercle du Louvre et deux postes d'abonné.

Les microphones du bureau A sont des *parleurs Edison* à pastille de charbon ; chez les abonnés, les microphones sont du système Ader, à dix charbons, formant 20 contacts.

La pile des postes ordinaires se compose de 3 éléments Leclanché, petit modèle à vase poreux ; dans les bureaux centraux, on emploie deux piles de trois couples, qui se relayent en travaillant alternativement une demi-heure chacune.

L'expérience a donc porté sur huit piles de trois couples. On a préparé avec soin ces 24 éléments : tous les zincs ont été numérotés et pesés individuellement ; chaque couple a reçu 100 grammes de chlorhydrate d'ammoniaque et 400 grammes d'eau ; les charbons ont été garnis à neuf avec du manganèse de bonne qualité.

Après trente jours de service, les couples ont été ramenés au laboratoire de la Société des Téléphones, où les zincs ont été pesés de nouveau.

On a aussitôt remarqué des différences fort grandes dans les

Digitized by Google

dépenses des diverses piles, et une concordance satisfaisante dans les consommations des trois zincs d'une même batterie. Cette concordance démontre une fois de plus que dans des Leclanché bien préparés, la consommation de zinc est à peu près théorique et peut approximativement servir de mesure à la quantité d'énergie dépensée.

La consommation la plus grande a été faite par l'appareil n° 27 du bureau A, desservi par deux piles :

PREMIÈRE PILE

	grammes.	
1er couple	10,50	
2e couple	10,50	
3e couple	11,00	32,00

DEUXIÈME PILE

1er couple	11,00	
2e couple	10,50	
3e couple	11,00	32,50
Total		64,50

Le poste ordinaire qui a dépensé le plus est celui de MM. L. et Cie :

	grammes.
1er couple	17,00
2e couple	16,50
3e couple	15,50
Total	49,00

Le Cercle du Louvre a moins consommé :

PILE DE LA GUÉRITE N° 2

	grammes.
1er couple	4,50
2e couple	5,00
3e couple	5,00
Total	14,50

L'appareil n° 27 du bureau A, qui a le plus dépensé, est probablement le poste le plus actif de tout le réseau parisien ; les pesées qu'il fournit peuvent donc être prises comme base de l'évaluation du plus grand travail des piles à microphone. On sait qu'*un coulomb* intéresse 0,00034 gramme de zinc ; la *quan-*

Digitized by Google

tité d'électricité débitée pendant trente jours par la double batterie de l'appareil 27 est donc :

$$\frac{64^{gr},5}{3 \times 0,00034} = 63\,235 \text{ coulombs.}$$

Si l'on estime que la somme des durées de fermeture soit de sept heures par journée, l'*intensité moyenne* du courant inducteur serait :

$$\frac{63\,235 \text{ coulombs}}{30 \text{ jours} \times 7 \text{ heures} \times 3600 \text{ secondes}} = 0,084 \text{ ampère.}$$

En admettant que la force électromotrice effective des Leclanché en service soit d'environ 1 volt, le travail total de la double pile serait :

$$63\,235 \times 3 = 189\,705 \text{ watts,}$$

ou $\frac{189\,705}{9,81} = 19\,357$ kilogrammètres en un mois.

Soit 645 kilogrammètres par vingt-quatre heures[1], et 235 425 kilogrammètres par an.

Ainsi le travail accompli pendant une année par les piles d'un poste très actif équivaut à celui d'un cheval-vapeur pendant cinquante-deux minutes.

Je répète qu'il s'agit ici du *travail total* du courant inducteur dans la pile, le microphone et le circuit primaire. L'évaluation de la quantité du *travail utilisé* dans le téléphone récepteur n'a pas encore été tentée ; nous savons seulement que ce travail est fort petit : il est assurément une fraction bien faible du travail total.

Cependant, les chiffres tirés de la pesée des zincs sont des renseignements dont on peut déjà tirer parti dans la pratique. Ils donnent les conditions que doit remplir une pile primaire pour desservir un poste téléphonique pendant un temps déterminé. Et si l'on voulait, par exemple, étudier les conséquences techniques et économiques de la substitution des accumulateurs aux piles

[1] Le régime de travail de la pile serait donc *un quarantième de kilogrammètre par seconde*. — Une lampe Swan de 20 bougies dépense 6,25 kgm. par seconde, c'est-à-dire *deux cent cinquante fois plus*. Ainsi, avec quinze cents couples Leclanché du modèle indiqué, on ne pourrait faire fonctionner qu'une seule lampe Swan de 20 bougies, à raison de sept heures par jour, pendant deux mois.

Digitized by Google

primaires sur le réseau téléphonique d'une ville, on en pourrait tirer approximativement la quantité de force motrice à dépenser pour assurer la charge de tous les couples secondaires.

Les 3000 postes du réseau téléphonique de Paris, supposés tous aussi actifs que ceux des bureaux centraux, dépenseraient quotidiennement 1 935 000 kilogrammètres, soit le travail de un cheval-vapeur pendant sept heures dix minutes. Ainsi, en attribuant à la machine dynamo-électrique et aux accumulateurs un rendement de 0,8, *une force motrice de un cheval, travaillant douze heures par jour*, desservirait *surabondamment le réseau téléphonique de Paris.*

Sans attribuer à ces chiffres une exactitude absolue, ni une signification générale et définitive, on peut, je crois, les considérer comme plus exacts que les évaluations antérieures, qui n'étaient point basées sur des expériences directes. ÉMILE REYNIER.

LE GAZ ET L'ÉLECTRICITÉ

AU POINT DE VUE DE L'ÉCLAIRAGE DES VILLES

Il s'est produit, dans ces derniers mois, en Angleterre, plusieurs propositions de Compagnies d'électricité, offrant à des municipalités d'installer, sur une partie plus ou moins importante de leur territoire, l'éclairage électrique au moyen de lampes à incandescence. A Nottingham, la *Telegraph construction and Maintenance Company* ne parle de rien moins que de 60 000 lampes, alimentées par quatre machines Gordon d'une puissance de 15 000 lampes chacune et une force motrice que l'on ne peut évaluer à moins de 6500 chevaux. A Newington, la Vestry de Saint-Mary a reçu un devis détaillé de la *Électric Carbon, Storage and Apparatus Manufacturing Company of Scotland*, pour l'établissement d'une usine électrique avec canalisation capable de suffire à 6000 lampes à incandescence, et, de son côté, l'administration a fait étudier un projet analogue. Ces faits ne sont pas isolés, et il suffit de parcourir les journaux

Digitized by Google

anglais pour constater que le public, aussi bien que les compagnies directement intéressées, croit avec plus ou moins de raison à la possibilité de remplacer en tout ou partie le gaz par l'électricité pour les besoins de l'éclairage des rues et des habitations.

Il ne faudrait pas remonter bien loin pour trouver en France l'origine de ces idées. Lorsque l'éclairage de l'avenue de l'Opéra permit pour la première fois au public d'apprécier les avantages de la lumière électrique, les esprits enthousiastes ne manquèrent pas de prédire la déchéance à bref délai du gaz, dont la flamme jaunâtre ne tarderait pas à disparaître devant l'éclatante blancheur de la bougie Jablochkoff. Cinq ans se sont déjà écoulés et le gaz se porte à merveille : la lecture du rapport, présenté au mois de mars à l'assemblée des actionnaires de la Compagnie Parisienne, prouve même que le nombre des abonnements nouveaux a dépassé, dans ces dernières années, la moyenne antérieure et que le développement de la consommation ne s'arrête pas. En même temps, nous assistions à la suppression silencieuse de l'électricité dans l'avenue de l'Opéra, dont le matériel était en partie transporté au parc Monceaux : la place du Carrousel conservait seule les foyers électriques qui disparaissaient de la cour du Louvre.

Nous n'attribuerons pas ce double résultat aux efforts de la Compagnie Parisienne. Si le bec intensif de la rue du Quatre Septembre lui permet de lutter photométriquement contre la bougie Jablochkoff, l'éclairage des rues en général n'est pas assez rémunérateur pour qu'on y prodigue la lumière. Les compagnies d'électricité savent à quoi s'en tenir à cet égard, et, après avoir produit l'effet cherché, elle n'ont pas jugé utile de prolonger d'aussi coûteuses démonstrations : elles se contentent aujourd'hui d'opérations moins brillantes, mais plus fructueuses. Quant aux compagnies de gaz, à Paris comme ailleurs, elles profitent de ce besoin de lumière que l'introduction de l'électricité a fait naître ou surexcité.

Il ne semble pas que cette leçon de l'expérience profite aux Compagnies anglaises d'électricité. Il est vrai que les lampes à incandescence ont depuis deux ans à peine résolu le problème de la division de la lumière électrique ; mais comme le prix de

Digitized by Google

revient de l'éclairage est avec elles sensiblement plus élevé que par tout autre système, nous ne voyons pas que leur emploi puisse justifier les projets précédemment cités.

Nous n'avons pas à discuter les motifs de cette contradiction apparente entre les procédés d'exploitation suivis en France et en Angleterre, et nous nous bornerons à chercher dans les conditions mêmes auxquelles doit satisfaire une entreprise d'éclairage public, dans la comparaison des deux industries, les raisons de l'abstention des Compagnies françaises.

L'électricité convient à merveille à l'établissement d'éclairages isolés ou improvisés : qu'il s'agisse d'ateliers où l'on dispose de la force motrice, de magasins où le nombre des foyers justifie l'introduction de machines à vapeur, d'établissements spéciaux où l'on doit disposer d'une quantité énorme de lumière (Hippodrome de Paris, par exemple), elle se recommande à la fois par la facilité d'installation, puisqu'il n'y a qu'à loger des machines, et par l'économie, puisqu'on prend comme base le prix de vente du gaz.

Elle n'a besoin ni de fours, ni d'appareils de condensation et d'épuration, ni de gazomètres : une chaudière, une machine à vapeur et une machine électrique ne constituent pas à proprement parler un matériel encombrant et peuvent même être déplacées sans rien perdre de leur valeur.

L'usine à gaz, au contraire, se prête difficilement aux installations isolées dans les villes : le décret de 1867, qui règle leur construction, impose des conditions de distance des constructions voisines; elle exige des constructions fixes, des travaux spéciaux, des magasins pour les approvisionnements, ce qui se traduit par une occupation considérable de terrain. Aussi ne convient-elle qu'aux industries où l'on a de la place et où la consommation annuelle justifie l'immobilisation d'un assez gros capital de premier établissement : la raffinerie Say, à Paris, en est un exemple.

L'électricité offre donc au consommateur le moyen, plus ou moins coûteux suivant les circonstances, de produire lui-même son éclairage; l'usine à gaz, en dehors de très-rares applications, n'a d'autre raison d'être que l'existence d'une clientèle hors d'état, dans les villes, de se suffire à elle-même.

Digitized by Google

Il résulte de là que l'emploi de l'électricité s'impose dans les deux cas suivants :

1° Dans les ateliers où l'on a sous la main le personnel et la force motrice, de sorte que les dépenses d'éclairage se réduisent à leur plus simple expression : dans une discussion à la Société des ingénieurs et constructeurs de navires d'Écosse, M. Kirk a établi que, dans un chantier, les foyers de 40 carcels ne coûtaient pas plus de 0 fr. 153 par heure, pour un service de quarante-neuf heures par semaine.

2° Dans les établissements assez importants pour qu'ils aient économie à produire directement leur éclairage : ainsi, 1 foyer Jablochkoff pouvant remplacer dans un magasin 10 becs de gaz de 140 litres, qui coûtent par heure 0 fr. 42 à Paris, il y aura intérêt à se servir de l'électricité, si le prix par heure et par foyer est inférieur à 42 centimes : c'est le cas qui se présente aux magasins du Printemps, où, pour une installation de 400 foyers Jablochkoff le prix de l'éclairage est par heure et par foyer de 0 fr. 312 avec amortissement à 10 pour 100 et intérêt à 5 pour 100 du capital, et de 0 fr. 206 sans amortissement.

Si le consommateur cesse d'être son propre fournisseur et a recours à une compagnie, les conditions se trouvent changées du tout au tout : il faut comparer le prix de revient de l'électricité au prix de revient du gaz et non plus à son prix de vente. Les compagnies dont nous avons mentionné les projets paraissent disposées à faire payer l'électricité aussi cher au moins que le gaz : nous ne voyons pas alors quel intérêt le consommateur peut avoir à sacrifier ses anciennes installations, son compteur, sa canalisation, etc. Il est vrai qu'on invoque des raisons d'hygiène, de sécurité, de confort, mais ces arguments sentimentaux ne se traduisent pas en chiffres connus, et le public ne se lancera pas dans les nouveautés s'il ne lui est pas garanti une économie réelle.

Nous ne pensons pas que les lampes électriques à incandescence, telles que nous les connaissons, puissent être meilleur marché que le gaz pour les petits consommateurs qui sont, en réalité, l'élément productif de toute exploitation.

Le prix de revient du gaz est descendu aujourd'hui aussi bas que possible : sans prétendre qu'il ne coûte rien, sous prétexte

Digitized by Google

que les sous-produits couvrent, et au delà, les dépenses de matières premières, il ressort de l'examen des comptes de fabrication que le mètre cube rendu aux gazomètres revient, à Paris, à 3 cent. 7 environ.

En Angleterre, il doit coûter encore moins cher, à en juger par les prix de vente : à Paris, on paye le mètre cube 30 cent.; à Londres, 2 sh. 10 den., 3 sh. et 3 sh. 2. den. les 1000 pieds suivant les compagnies, soit par mètre cube 12 cent. 5, 13 cent. 4 et 14 cent. 1 environ; à Sheffield, 1 sh. 10 den. les 1000 pieds ou 8 cent. le mètre cube. Ces chiffres défient toute concurrence et permettent aux compagnies de gaz d'abaisser leurs tarifs sans cesser de gagner de l'argent, le jour où elles se croiront menacées sérieusement.

Il serait illogique d'ailleurs de croire que les compagnies d'électricité seront dispensées des charges municipales et autres qui pèsent sur les compagnies de gaz en France et contribuent à élever le prix de revient initial. Si, enfin, on se préoccupe d'offrir au capital la rémunération qui lui est due, on arrive facilement à se convaincre qu'une entreprise d'éclairage électrique public et privé au moyen des lampes à incandescence ne peut être avantageuse, même en adoptant pour la vente le prix payé pour le gaz.

D'autre part, il faut bien reconnaître qu'au point de vue des exigences d'un service public, qui ne souffre ni intermittence, ni arrêt, sauf les cas de force majeure, une usine électrique se trouve dans des conditions d'exploitation peu économiques.

Tant qu'on n'aura pas organisé la distribution électrique de la force à domicile, elle ne travaillera que pendant les heures de consommation, et ne pourra pas répartir sa production quotidienne sur vingt-quatre heures. Les machines à vapeur et les machines électriques exigent un entretien et une surveillance plus difficiles que les appareils élémentaires d'une usine à gaz : le moindre oubli aurait pour effet de priver de lumière une partie de la clientèle. De plus, la puissance de production a un maximum qu'on ne peut dépasser sans compromettre le matériel; en conséquence, celui-ci doit être prévu de manière à satisfaire à tous les besoins possibles avec les rechanges nécessaires pour parer à tout accident. De ce seul fait, les dépenses de

Digitized by Google

premier établissement se trouvent augmentées au moins de 20 pour 100 pour les moteurs et de 50 pour 100 pour les machines électriques. Dans l'exploitation, les frais de personnel seront aussi considérables, à cause des connaissances spéciales qu'il doit posséder.

Tout autre est actuellement l'exploitation d'une usine à gaz : la conduite des fours, des appareils de condensation et d'épuration, des gazomètres, peut être laissée sans inquiétude à un contre-maître et à des chauffeurs, dont le rôle se borne à maintenir le tirage, à faire les charges à l'heure voulue, à ouvrir ou à fermer des vannes. Avec la division du travail entre un grand nombre de fours et la réserve toujours prête des gazomètres, les accidents en cours de travail ne sauraient avoir aucune influence sérieuse. La puissance de production du matériel peut varier du simple au double, sans aucun inconvénient, et cet avantage n'est pas à dédaigner.

Nous ne pousserons pas plus loin cette comparaison que bien des électriciens trouveront trop favorable au gaz. Nous nous sommes efforcé de montrer la situation sous son vrai jour, pour prévenir les déceptions qui attendent les excès de zèle commis au nom de l'électricité. Ce n'est pas, à notre avis, avec les machines qu'on parviendra à remplacer un jour le gaz ; la solution de cet intéressant problème sera obtenue par la pile. Je n'ignore pas que, pour le moment, cet espoir est tout platonique ; mais n'est-il pas permis de le conserver si l'on considère que la machine électrique exige un moteur à vapeur dont le rendement ne dépasse pas 10 pour 100 de l'énergie fournie par le combustible?

PH. DELAHAYE.

SUR LES LIMITES

DU TRANSPORT DE LA FORCE A DISTANCE

PAR DES LIGNES TÉLÉGRAPHIQUES AÉRIENNES

La question que nous voulons traiter aujourd'hui semble avoir été laissée systématiquement de côté dans les nombreuses dis-

Digitized by Google

cussions soulevées par le transport électrique de la force à distance, malgré l'importance qu'elle présente au point de vue des applications industrielles, et de l'économie qu'on peut réaliser par l'utilisation des forces naturelles transportées électriquement à distance de leur point de production.

Le problème est surtout intéressant et d'une solution relativement simple lorsqu'on considère le cas particulier de lignes télégraphiques aériennes; on peut, dans ce cas, le poser en ces termes :

Quelle est la quantité maximum de travail qu'on peut transmettre à une distance donnée sur une ligne télégraphique aérienne d'un type donné?

La théorie pure répond que cette quantité est indéfinie, pour ne pas dire infinie. Soit, en effet, E, la force électromotrice (en volts) de la machine génératrice, et I l'intensité du courant (en ampères) qu'elle fournit. La quantité de travail transformée en énergie électrique W a pour valeur :

$$W = \frac{EI}{g} \text{ kilogrammètres par seconde} \qquad (1)$$

ou

$$W = \frac{EI}{75g} \text{ chevaux-vapeur.}$$

En choisissant convenablement E et I, en augmentant la force électromotrice et l'intensité du courant à mesure que la distance augmente, on peut faire produire à la génératrice une quantité d'énergie électrique quelconque, et recueillir à distance un travail aussi grand qu'on le veut, quel que soit d'ailleurs le rendement de la transmission. Il n'en est malheureusement pas de même en pratique, surtout avec les lignes aériennes pour lesquelles E et I ne peuvent varier qu'entre de très étroites limites que nous allons examiner.

Limites de E. — La force électromotrice de la génératrice est limitée par les exigences de l'isolement, tant au point de vue de l'influence nuisible des dérivations, influence sur laquelle nous reviendrons tout à l'heure, qu'au point de vue du danger réel que présentent les potentiels élevés. Dans les expériences du chemin de fer du Nord, la force électromotrice n'a jamais dépassé

Digitized by Google

2500 volts, et cependant il s'est produit un accident qui, heureusement, n'a pas eu de suites, mais est de nature à faire réfléchir lorsqu'il s'agit d'établir des conducteurs *aériens* avec des potentiels aussi élevés. C'est donc faire la part belle au transport que de limiter seulement à 3000 volts la force électromotrice de la génératrice, malgré le danger évident dès qu'on dépasse 2000 volts.

Limites de I. — L'intensité du courant n'est limitée que par la nature de la ligne et par sa longueur. Pour que le transport soit économique, il ne faut pas que la quantité d'énergie électrique dépensée dans le conducteur, sous forme de chaleur, dépasse une fraction donnée k du travail total transformé en énergie électrique par la génératrice. Soit R la résistance de la ligne en ohms, la perte par échauffement de la ligne a pour valeur, d'après la loi de Joule :

$$\frac{RI^2}{g} \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

La condition exprimée ci-dessus s'écrira alors :

$$\frac{RI^2}{g} = kW = \frac{kEI}{g};$$

ce qui donne, tous calculs faits :

$$I = k\frac{E}{R}. \qquad (2)$$

Lorsque R sera déterminé, I le sera aussi, puisque E est égal à 3000 volts et R représente la résistance de la ligne en ohms.

Détermination de W'. — Nous supposerons, pour fixer les limites supérieures du transport, les conditions les plus favorables, c'est-à-dire des dérivations *nulles* (nous exposerons un peu plus loin nos réserves expresses sur ce point) et un rendement mécanique final de 50 pour 100. Pour réaliser ces conditions, nous ne devons pas dépenser par échauffement du conducteur plus de 20 pour 100 du travail transformé en énergie électrique par la génératrice, ce qui correspond à 40 pour 100 du

Digitized by Google

travail total effectif recueilli sur la réceptrice W'. Pour un rendement de 50 pour 100, on a :

$$W' = \frac{W}{2} = \frac{EI}{2g}.$$

Et en remplaçant I par sa valeur tirée de la formule (2), on a :

$$W' = \frac{k E^2}{2gR} \text{ kilogrammètres par seconde,}$$

ou

$$W' = \frac{kE^2}{75 \times 2gR} \text{ chevaux-vapeur.} \qquad (3)$$

Le diagramme (fig. 1) représente les résultats fournis par cette formule dans le cas de :

$$E = 3000 \text{ volts,}$$
$$k = 0{,}20.$$

R, résistance de la ligne en ohms portée en abscisses.

W', quantités de travail limite correspondantes, portées en ordonnées.

On voit que la quantité de travail maximum qu'on peut transmettre varie en raison inverse de la résistance de la ligne et que, par exemple, pour une ligne de 900 ohms de résistance (cas de l'expérience de Miesbach-Munich), il serait impossible de recueillir plus de *un cheval et demi*.

Le diagramme (fig. 2) se rapporte à des lignes aériennes d'un type donné, dont les résistances sont respectivement 5 ohms, 10 ohms et 20 ohms par kilomètre de distance. La courbe 20 se rapporte à une ligne double formée de *fil de fer* de 4 millimètres de diamètre; la courbe 10 à une ligne en *fil de fer* de 6 millimètres, et la courbe 5 à une ligne en *fil de cuivre* de 3 millimètres. Lorsqu'on fait usage de potentiels élevés, l'emploi du fil de retour est imposé pour réduire les chances d'accident qui, avec le retour par la terre, rendraient le transport électrique de la force à distance inapplicable.

La résistance kilométrique de la ligne de chaque spécification se trouve donc doublée par le fait de l'emploi du double fil.

Il suffit de jeter un coup d'œil sur les courbes pour voir la

Digitized by Google

quantité de travail limite qu'une ligne donnée permet de transmettre à une distance donnée. Ainsi, par exemple, une ligne télégraphique aérienne double de 6 millimètres ne permet pas de transmettre plus de 6 chevaux à 20 kilomètres de distance; à 60 kilomètres de distance, ce travail se trouverait réduit à 2 chevaux.

Il nous reste maintenant à justifier les réserves que nous avons faites en supposant nulles les dérivations de la ligne. Cette hypothèse ne présentait aucun inconvénient pour déterminer les limites *supérieures* de travail transportable à une distance donnée, avec une force électromotrice initiale donnée; mais il importe de remarquer qu'elle n'est pas justifiée en pratique, et que l'influence de ces dérivations tendra à abaisser encore la quantité de travail déduite des formules que nous venons d'établir.

Quelle est l'importance réelle des dérivations des lignes télégraphiques aériennes soumises à des potentiels élevés?

On s'est trop hâté de conclure que ces dérivations étaient nulles, ou tout au moins pratiquement négligeables.

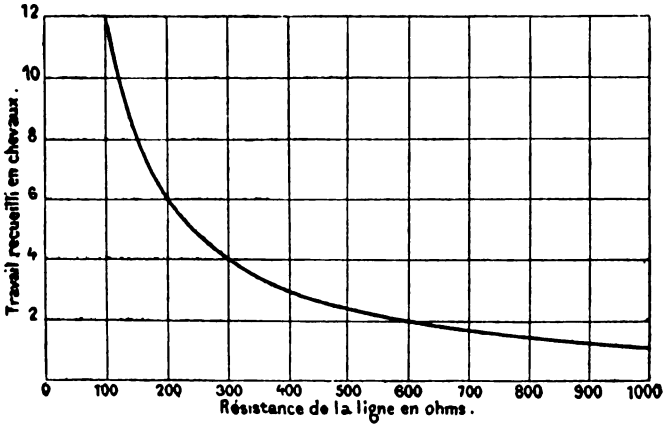


Fig. 1. — Travail maximum recueilli en fonction de la résistance de la ligne pour E = 5000 volts.

En fait, *aucune expérience directe* n'autorise jusqu'ici cette conclusion. Le rapport de la Commission de l'exposition de Munich est absolument muet sur ce point, et, dans les expériences de

Digitized by Google

Miesbach-Munich, on n'a jamais cité deux observations *simultanées* des intensités respectives du courant au départ et à l'arrivée, pendant le transport même.

Au chemin de fer du Nord, les trois séries d'expériences faites ne nous apportent non plus aucun renseignement sur la question, malgré les conclusions du rapport présenté à l'Académie par M. Cornu (voy. l'*Électricien* du 1er mai 1883).

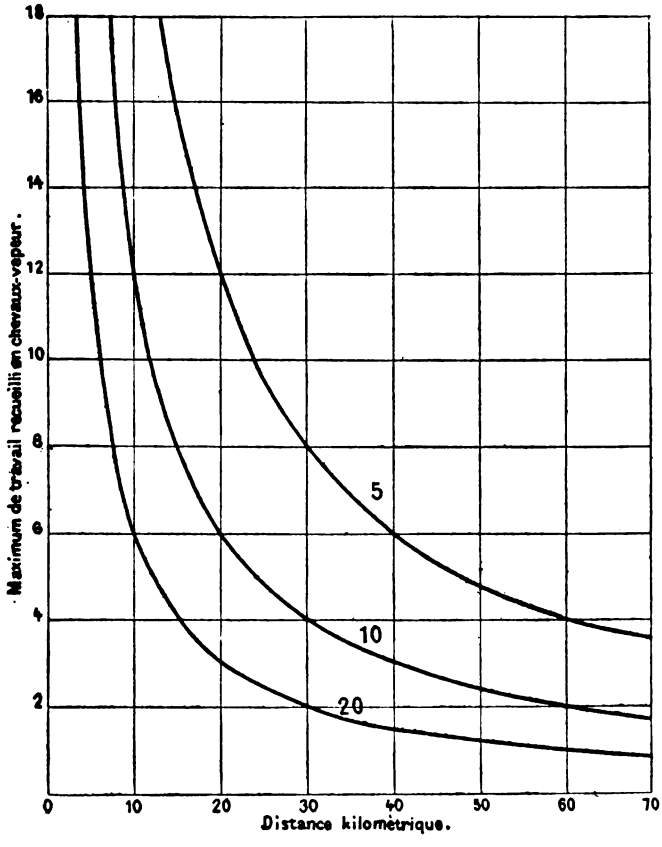


Fig. 2. — Travail maximum recueilli à une distance donnée sur une ligne d'un type donné pour E = 3000 volts.

En effet, la résistance *mesurée* de la ligne expérimentée était de 160 ohms; la résistance *calculée* par le rapport de la différence de potentiel aux extrémités à l'intensité du courant a fourni des

Digitized by Google

nombres variables entre 138 et 179 ohms, soit une différence totale dans les mesures de *vingt-cinq pour cent* de la grandeur à mesurer.

Mais comme la *moyenne* des cinq expériences faites donne 159,6 ohms (valeur très-voisine de 160 ohms), le rapporteur conclut que :

Cette identité entre la résistance effective de la ligne et la résistance mesurée est *très importante*, au point de vue de l'accord entre la théorie et l'expérience, pour l'analyse des phénomènes de transformation d'énergie dans le circuit. Elle montre que la consommation d'énergie nécessaire pour franchir la résistance de 160 ohms est, pratiquement, exactement égale à la valeur prévue par la théorie.

La divergence des résultats partiels provient des oscillations inévitables de la vitesse des machines, et surtout de l'impossibilité où l'on était de faire des mesures absolument simultanées.

Il nous est impossible d'accepter cette conclusion, à cause de la trop grande divergence des résultats partiels, surtout lorsque, dans les deux premières séries d'expériences, le même calcul avait fourni une diminution de résistance de la ligne variant entre 7 et 12 pour 100 de sa valeur mesurée directement. La divergence des résultats partiels indique tout au plus que l'expérience est entièrement à refaire, mais n'autorise nullement à conclure que la ligne a toujours présenté, pendant la transmission, la même résistance électrique.

Mais il y a plus. Lors même que ces dérivations auraient été pratiquement nulles dans les expériences du chemin de fer du Nord, avec le couplage *en boucle*, il n'en résulte pas forcément qu'il doive en être de même dans le couplage *en ligne* ou *à vraie distance*. Il suffit, pour s'en convaincre, de se reporter aux figures 3 et 4. Dans ces diagrammes, nous avons représenté la répartition des potentiels sur les différentes parties du circuit, en supposant ce circuit développé sous forme d'un cercle complet, et en portant en chaque point, sur le prolongement du rayon, une longueur proportionnelle au potentiel de ce point, en prenant comme potentiel zéro celui du pôle négatif de la génératrice.

On voit ainsi que, pour une différence de potentiel de

Digitized by Google

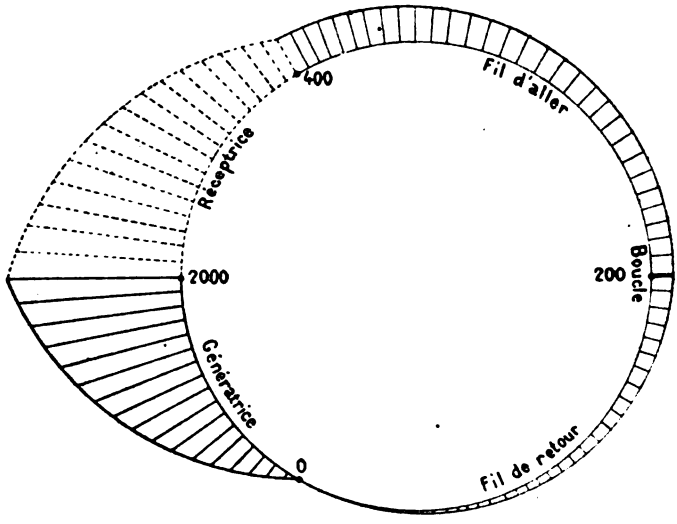


Fig. 3. — Distribution des potentiels dans le couplage *en boucle*.

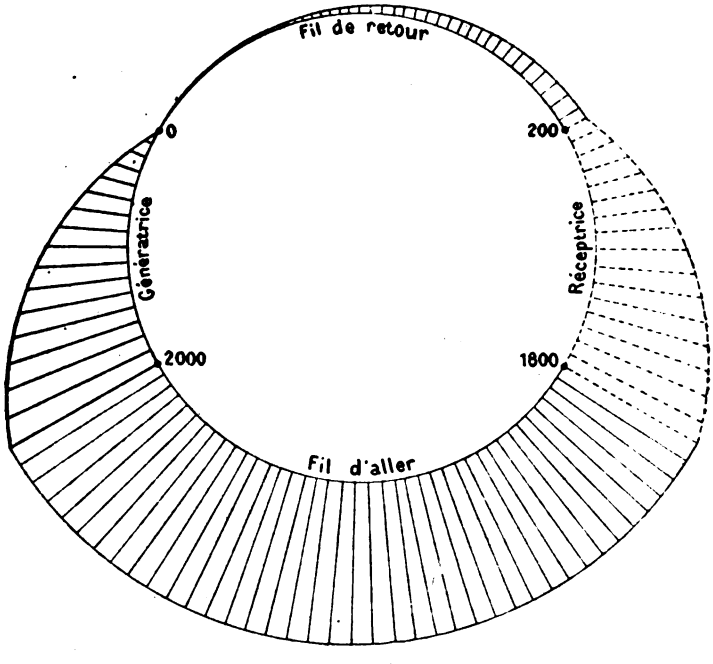


Fig. 4. — Distribution des potentiels dans le couplage *à vraie distance*.

Digitized by Google

2000 volts aux bornes de la génératrice, dans le couplage en *boucle* (fig. 3), avec les machines juxtaposées, la différence de potentiel entre deux points quelconques de la ligne ne dépasse jamais 400 volts, tandis que, dans le couplage à *vraie distance* (fig. 4), cette différence varie entre 1600 et 2000 volts.

La répartition si différente des potentiels sur la ligne, dans les deux cas, indique nettement que ces dérivations ne se comporteront de même dans les deux cas, et qu'elles seront loin d'avoir la même valeur absolue. Malheureusement, aucune expérience directe n'a été faite sur les dérivations des lignes télégraphiques aériennes chargées à un potentiel élevé, et l'on ne peut, jusqu'à nouvel ordre, que s'en référer aux expériences télégraphiques.

Il existe un certain nombre d'expériences faites sur des lignes télégraphiques aériennes, avec des courants continus, mesurés au galvanomètre, et qui montrent que ces dérivations sont loin d'être négligeables. Aussi n'avons-nous pas été peu surpris de lire dans le rapport de M. Cornu à l'Académie des sciences le passage suivant :

« On sait en effet que l'essai d'appareils télégraphiques, dans les conditions de jonction où se trouvent les deux machines, ne permettrait aucune conclusion sur la valeur des appareils au point de vue de leur rendement en ligne, c'est-à-dire de leur rapidité de fonctionnement; mais cette objection s'amoindrit singulièrement si l'on remarque que les signaux télégraphiques sont caractérisés par la discontinuité des courants, discontinuité que la capacité électrique des longues lignes, l'électrification des isolants, etc., tendent à effacer et à détruire; c'est pourquoi les lignes télégraphiques ne peuvent être, au point de vue de l'appréciation des appareils, remplacées par un fil court de résistance équivalente. Mais, pour la transmission d'un courant uniforme, ces difficultés n'existent nullement, car il s'agit de savoir seulement si le flux électrique parcourt sans complications le circuit donné, ce dont on a eu la preuve numérique dans chaque expérience : l'objection tirée de la comparaison avec les appareils télégraphiques perd donc la plus grande partie, sinon la totalité de sa valeur.

Depuis les expériences faites en 1845 par M. Breguet, *au moyen de deux boussoles des sinus bien comparées* (voy. *Télégraphie pratique* de Gavarret, 1861, p. 255), jusqu'aux expé-

Digitized by Google

riences récentes du regretté Schwendler dans l'Inde, en 1880 (voy. la *Lumière Électrique* du 28 mai 1881, p. 380), expériences dans lesquelles les courants mesurés au départ et à l'arrivée sont exprimés en milli-ampères, on sait que les dérivations se produisent sur des lignes télégraphiques traversées par des courants continus : on sait aussi que, sur des lignes longues, il est vrai, mais chargées à potentiels qui ne dépassent jamais 200 volts, le courant reçu varie entre *quatre-vingts* pour 100 et *vingt* pour 100 du courant transmis. La discontinuité du courant, la capacité de la ligne, l'électrification des isolants n'ont absolument rien à voir dans ce cas, où il s'agit de courant *continu*. L'objection tirée de la comparaison avec les lignes télégraphiques ne perd donc rien de sa valeur, et la réponse faite par l'honorable rapporteur est absolument *à côté* de la question. Les difficultés existent, et on les retrouvera le jour où l'on fera un vrai transport de force, par une ligne télégraphique aérienne, avec des potentiels élevés, à une *vraie distance*, et qu'on se décidera à mesurer *tous* les éléments du problème, et, en particulier, le courant transmis en ampères et le courant reçu en ampères.

Les expériences du chemin de fer du Nord n'ont apporté aucune lumière sur ce point important de la question de transmission de force à distance; la partie du Rapport que nous venons de citer est en contradiction formelle avec les faits acquis par de nombreuses expériences faites sur des lignes télégraphiques *aériennes*, avec des courants *continus*.

Ces réserves expresses justifient le but de cet article et son utilité. Nous avons en effet limité théoriquement, dans les conditions les plus favorables, la quantité maximum de travail qu'il est possible de transmettre à une distance donnée, avec une force électromotrice initiale donnée, sur une ligne aérienne d'une résistance donnée; les dérivations réduiront encore cette quantité de travail transportable dans une certaine mesure, numériquement inconnue jusqu'ici, mais nullement négligeable.

Les quelques chiffres que nous avons donnés répondent aux rêveries de quelques utopistes qui voudraient transmettre à Paris tout le travail des chutes du Niagara par un fil de sonnerie électrique. L'exagération en tout est un défaut, et nous la combattrons ici chaque fois qu'elle prendra la forme électrique pour en im-

Digitized by Google

poser à la crédulité publique, dans un intérêt spéculatif ou de spéculation.

Pour transmettre beaucoup de travail à une grande distance, il faut de gros fils; dans chaque cas particulier il existe, pour une force donnée, une distance qu'on pourrait appeler la *distance critique*, à partir de laquelle il devient plus simple et plus économique de recourir à une production directe du travail sur place, avec une bonne machine à vapeur ordinaire, ou même — que les électriciens à outrance se voilent la face — avec un moteur *à gaz*.

E. Hospitalier.

LA MESURE DES TRÈS FAIBLES RÉSISTANCES

Parmi les appareils exposés en 1881 par la maison Siemens et Halske, il en est un dont nous sommes surpris de n'avoir encore trouvé jusqu'ici la description dans aucun ouvrage ou publication technique. Il méritait cependant de fixer l'attention de tous ceux qui s'occupent de constructions électriques, et notamment celle des métallurgistes qui fabriquent les fils de cuivre destinés aux diverses applications de l'électricité. Il permet en effet de mesurer de très faibles résistances (jusqu'à 1 microhm), avantage précieux pour la détermination de la pureté du cuivre en barres avant l'opération du tréfilage.

Cet appareil n'est en fait qu'une heureuse disposition du pont double de sir W. Thomson, disposition spéciale qui élimine les résistances de contact entre les barres à mesurer et leurs liaisons avec l'instrument.

Sans en donner aujourd'hui une description complète et détaillée, nous nous bornerons à en indiquer le mode de fonctionnement et à le représenter schématiquement.

Comme tous les appareils de ce genre destinés à la mesure des faibles résistances, c'est un pont à curseur; mais sa disposition essentielle consiste en ce que la barre à mesurer, au lieu d'être directement reliée aux fils de communication, repose simplement sur deux fourchettes placées à une distance fixe l'une de

Digitized by Google

l'autre (30 centimètres par exemple) et permettant des connexions en diagonale. C'est la résistance de la longueur comprise entre ces deux fourchettes qui est donnée par l'instrument. Chacune d'elles se compose de deux larges et massives bornes-équerres, séparées l'une de l'autre par un intervalle de quelques millimètres, et dont les faces supérieures sont inclinées à 45 degrés environ et taillées en biseau de manière à présenter comme surfaces de contact deux arêtes opposées l'une à l'autre dans l'angle desquelles vient reposer la barre à mesurer.

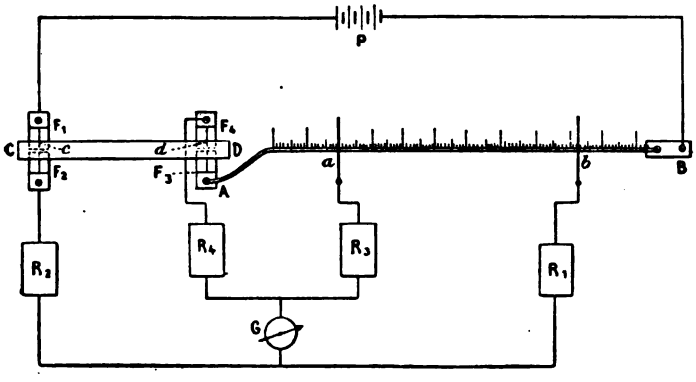


Fig. 1.

De ces quatre bornes, F_1, F_2, F_3, F_4, deux, F_2 et F_4, sont reliées à des bobines de résistance R_2 et R_4, la troisième F_1 est en connexion avec la pile, et à la quatrième F_3 aboutit l'une des extrémités du fil divisé dont l'autre extrémité est reliée à la pile.

La figure 1 donne l'ensemble des connexions : AB est le fil normal (en maillechort) tendu le long d'une règle divisée, et dont la résistance est d'environ 0,02 unité Siemens par mètre; CD est la barre (à section rectangulaire) dont on cherche la résistance entre les lignes de contact *c* et *d* déterminées par la position des fourchettes F_1 F_2, F_3 F_4; R_1 R_2 R_3 et R_4 sont quatre bobines de résistance réunies dans une seule caisse, comme l'indique la figure 2, et dont on peut faire varier le rapport deux à deux. Deux de ces bobines, R_1 et R_3, sont directement reliées aux curseurs *a* et *b* qui viennent presser contre le fil divisé. La pile et le galvanomètre occupent les positions indiquées par les figures 1 et 3.

Digitized by Google

Dans ces conditions, il y a équilibre (courant nul dans le galvanomètre) quand on a :

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{R_3}{R_4} = \frac{R_{ab}}{R_{cd}},$$

d'où l'on tire :

$$R_{cd} = R_{ab}\frac{R_2}{R_1} = R_{ab}\frac{R_4}{R_3}.$$

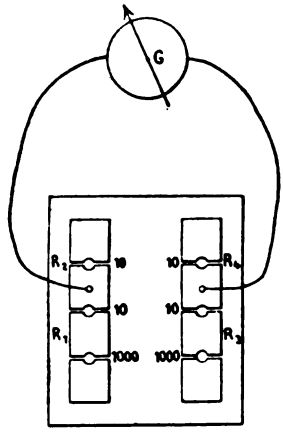


Fig. 2.

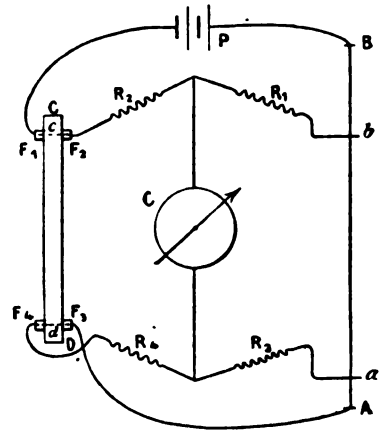


Fig. 3.

Pour mesurer des résistances depuis 0,01 U. S. jusqu'à 0,0001 U. S., on fait :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = 10;$$

pour des résistances moindres, jusqu'à 0,000001 U. S., on fait :

$$R_1 = 1000, R_2 = 10; \qquad R_3 = 1000, R_4 = 10.$$

On ajuste toujours la position des curseurs *a* et *b* de manière à amener l'aiguille du galvanomètre au zéro.

La figure 3 donne le schéma théorique du pont ainsi constitué; rapprochée de la figure 1, elle permet de voir comment les mesures de résistances prises suivant cette méthode sont *indépendantes des résistances de contact* entre les fourchettes et la barre à mesurer.

Digitized by Google

Exemple. — Supposons qu'on ait :

Section de la barre du cuivre = 487 millimètres carrés.
Distance *cd* = 30 centimètres.

$$R_1 = 1000 ; R_2 = 10 ; R_3 = 1000 ; R_4 = 10 ;$$

Position des curseurs pour l'équilibre : $a = 65$ millimètres.
— — $b = 10$ —

Résistance du fil divisé : 0,0000208 U. S. par millimètre.
On en déduit :

Résistance de la barre entre *c* et $d = 55 \times 0{,}0000208 \times \frac{1}{100}$
$= 0{,}0000115$ U. S.

Conductibilité du cuivre $= \frac{0{,}3}{487 \times 0{,}0000115} = 58{,}5$ (mercure = 1).

E. Boistel.

BLOCK-SYSTEM AUTOMATIQUE
DE M. HADDEN

Nous avons déjà eu l'occasion de parler du *block system* automatique[1], c'est-à-dire celui dans lequel les trains protègent d'eux-mêmes les sections de voie qu'ils parcourent sans avoir recours à l'intervention d'aucun agent pour la manœuvre des signaux.

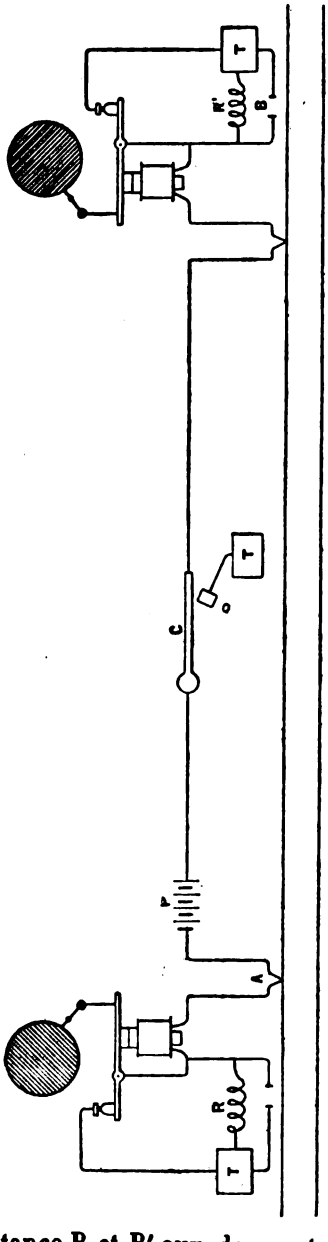
M. Ceradini exposait à Paris en 1881 un système[2] essayé sur les chemins de fer de la Haute Italie, dans lequel les signaux qui s'adressent au mécanicien sont acoustiques et se font entendre sur la machine en temps convenable.

Les applications du block automatique les plus répandues sont cependant celles dans lesquelles les signaux qui s'adressent aux mécaniciens sont les signaux à vue ordinaires placés sur la voie ; dans cette catégorie sont compris les systèmes de Hall, de Rous-

[1] Voy. l'*Électricien*, t. II, p. 334.
[2] Voy. l'*Électricien*, t. II, p. 336.

Digitized by Google

seau et de l'*Union electric signal Company*, qui sont employés dans l'Amérique du Nord.



Block-system automatique de M. Hadden.

M. Hadden, de New-York, vient d'appliquer un nouveau système qui est actuellement en service sur l'embranchement de Tyrone du *Pensylvania railroad* et sur le *Chicago, Burlington and Quincy railroad*.

Ce système se compose d'un circuit relié à une pile P, sur lequel sont établis un certain nombre de signaux que l'on peut manœuvrer de l'une des extrémités de la section de voie à protéger ou d'un certain nombre de points intermédiaires.

La position normale des signaux est à *voie libre*, c'est-à-dire que leurs bras sont effacés; on crée cette situation en faisant agir le courant de la pile sur les électro-aimants. Quand un train entre dans une section disposée de cette manière, un interrupteur A voy. figure, placé sur la voie, rompt le circuit principal, ce qui oblige les armatures des électro-aimants des signaux à s'éloigner de leurs pôles. Dans ce mouvement les leviers des armatures changent le circuit en introduisant des bobines de résistance R et R' aux deux extrémités de la section; la force de la

Digitized by Google

pile se trouve ainsi réduite, de manière que les électro-aimants ne puissent plus attirer leurs armatures quoique l'interrupteur A ait refermé immédiatement le circuit. Les signaux restent alors à l'arrêt protégeant les trains à l'avant et à l'arrière. Dans sa marche le train fait fonctionner à l'autre extrémité de la section un autre appareil B placé sur la voie qui retire du circuit la résistance auxiliaire R' placée en ce point ; l'enlèvement de cette résistance est suffisant pour permettre à la pile d'actionner les électro-aimants, ce qui a en même temps pour effet d'ôter automatiquement du circuit la résistance auxiliaire placée à l'autre extrémité de la section. Les signaux reviennent dès lors à voie libre. On conçoit que les choses se passent identiquement de la même manière, que le train pénètre dans la section par l'une ou l'autre de ses extrémités.

Au cas où il devient nécessaire de manœuvrer les signaux d'un certain nombre de points intermédiaires correspondant à une interruption de la voie, tels que les ponts tournants, les embranchements, etc..., on intercale dans le circuit un commutateur C relié au pont ou à l'embranchement. Dans une des positions extrêmes du commutateur, le circuit est rompu et naturellement tous les signaux sont à l'arrêt. Quand on veut remettre les signaux à voie libre, on place le commutateur de manière à relier d'abord le circuit avec la terre en T, on forme ainsi un nouveau circuit en dehors duquel se trouve la résistance auxiliaire R', ce qui permet aux électro-aimants de l'extrémité située du côté de la pile d'attirer leurs armatures, mais en même temps, comme on l'a déjà dit, ce mouvement ôte automatiquement du circuit la résistance R. En reliant ensuite, au moyen du commutateur C, les deux tronçons isolés du circuit, on met les électro-aimants situés du côté opposé à la pile en état d'effectuer des opérations identiques et les signaux se trouvent ainsi ramenés à voie libre.

Le diagramme schématique page 24 permet de se rendre compte de la marche des courants dans chacun de ces cas.

Comme dans la plupart des appareils de ce genre, on voit que les signaux se mettent à l'arrêt en cas d'avarie ou de non-fonctionnement. En outre on donne ici à l'électricité le rôle de moteur pour mettre les signaux à voie libre ; en Europe, au contraire, on n'a pas encore considéré cette manière de procéder

Digitized by Google

comme suffisamment pratique, et, dans les cas où les signaux électriques sont reliés aux signaux à vue, comme dans les appareils de M Lartigue par exemple, on préfère laisser seulement à l'électricité le soin de faire des déclenchements au moyen de l'électro-aimant Hughes. R. S.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Londres, le 21 juin 1883.

Les fils aériens en Angleterre. — La question des fils aériens télégraphiques et téléphoniques, dont nous avons déjà parlé ici à plusieurs reprises, s'impose de plus en plus à l'attention des législateurs. Le sujet est, pour ainsi dire, constamment à l'ordre du jour au sein des réunions d'autorités paroissiales et municipales de Londres et autres grandes villes d'Angleterre, où il est fréquemment discuté. Le Parlement en est de temps en temps saisi, et il devient de plus en plus évident que cette question aura à recevoir une solution prompte et définitive.

L'on connaît la décision prise récemment à New-York et à Chicago, et d'après laquelle les fils aériens avaient à disparaître dans un délai assez restreint ; les autorités de cette dernière ville, joignant l'action à la parole, ont fait couper d'office, par la police et les pompiers, les fils des retardataires et des récalcitrants.

Un pas sera probablement fait, aujourd'hui, vers la solution de la question, M. Stuart Wortley ayant, dans la séance du 15 juin de la Chambre des communes, donné avis qu'il interpellerait, dans la séance du 21, le Postmaster General pour demander :

« S'il n'est pas un fait que des fils aériens télégraphiques et téléphoniques sont, dans certains cas, suspendus au-dessus des rues, non seulement par l'administration des Postes, mais aussi par des personnes n'ayant, pour ce faire, aucun pouvoir du Parlement ou aucune licence des autorités publiques auxquelles incombe la charge du sol des rues à travers lesquelles ces fils sont ainsi suspendus.

« S'il existe un moyen de se rendre compte de la quantité de fils ainsi suspendus au-dessus des rues de la métropole appartenant à des particuliers ou à des compagnies ayant cessé d'en faire usage.

« S'il n'est pas exact qu'il existe un nombre croissant de tels fils aériens dont les propriétaires ne peuvent être découverts, qui sont pratiquement abandonnés, et dont le mauvais état s'aggravant de jour en jour, constitue un danger croissant pour la sécurité publique. »

Digitized by Google

Nous avons donné tout au long le texte de cette interpellation parce qu'elle nous semble résumer, avec assez de précision, l'état actuel de cette question d'intérêt général.

Dans la même séance du 15, un autre membre, en réponse à une question analogue posée précédemment, élucidait du ministre des Postes les faits suivants:

« Une faible proportion seulement des fils télégraphiques et téléphoniques aériens, à Londres, appartiennent au Post Office, la majorité appartenant à des compagnies privées.

« Dans une des rues principales, sur 97 fils aériens, trois seulement appartiennent au Post-Office. En ce qui concerne les poteaux et les fils appartenant au Post-Office, toutes les précautions sont prises pour assurer des inspections fréquentes et leur maintien dans de bonnes conditions. »

Éclairage électrique des palais royaux. — L'éclairage électrique prend tranquillement, mais sûrement, la place du gaz dans les palais de la reine d'Angleterre. Windsor Palace a reçu, il y a déjà quelque temps, une installation assez importante, et, plus récemment, Buckingham Palace, à Londres, a été pourvu d'un éclairage similaire. Aux divers bals d'État qui ont été donnés récemment dans ce dernier palais, les salons étaient éclairés entièrement à la lumière électrique par incandescence, et les résultats ont été si satisfaisants qu'il a été décidé, en haut lieu, d'adopter exclusivement ce genre d'éclairage dans des occasions analogues.

Nous donnerons ultérieurement des détails circonstanciés sur ces diverses installations. L'exemple donné par le chef de l'État sera certainement suivi. Déjà lord R. Churchill a supprimé le gaz et installé l'éclairage électrique dans sa résidence de Londres; environ 80 lampes à incandescence sont distribuées dans les différentes parties de son habitation.

Fisheries exhibition. — L'exposition universelle des pêcheries, ouverte officiellement par le prince de Galles, le 12 mai dernier, se complète graduellement. De nombreuses installations électriques permettront, lorsqu'elles seront terminées, d'ouvrir les portes au public dans la soirée, d'une grande portion des immenses bâtiments que comporte cette exposition. Nous rendrons compte des détails de ces diverses installations et pouvons, dès à présent, dire qu'un effet magique est obtenu par l'éclairage de la grande halle, dans la longueur de laquelle (240 mètres) 1040 lampes à incandescence sont réparties tout le long.

Digitized by Google

de la voûte, en 80 rangées de 13 lampes chacune, les rangées de lampes étant à 3 mètres l'une de l'autre.

Chemin de fer électrique. — Un chemin de fer électrique est en voie de construction à Wimbledon, localité des environs de Londres. Ce chemin de fer relie une gare locale au champ de tir où les exercices annuels des délégués de toutes les associations de tir. Ce tir dure quinze jours environ et commencera le 9 juillet. Nous rendrons compte de cette intéressante installation de transmission électrique de force.

Notes. — *Une fabrique de poudre frappée par la foudre.* — Le 15 courant, pendant un fort orage, la fabrique de poudre de Basingill, localité située au nord de l'Angleterre, a été complètement détruite par une explosion causée par la foudre. Un homme qui se trouvait dans l'usine à ce moment a reçu de telles blessures qu'il n'y survivra probablement pas.

La *Anglo-Austrian Brush Electrical Company Limited* nous informe qu'à une réunion générale extraordinaire, tenue le 19 décembre 1882, le nom de cette compagnie a été changé en celui de *The International Electric Company Limited.*

Cette compagnie est une des nombreuses entreprises qui ont vu le jour pendant la fureur électrique de 1882, et dont le nombre va s'éclaircissant tous les jours; les systèmes, non moins nombreux et éphémères que les compagnies elles-mêmes, suivent la même progression décroissante; dans un article prochain, nous passerons en revue ceux qui ont résisté à l'épreuve du temps et sont passés dans le domaine de la pratique. J.-A. Berly.

DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES ATELIERS ET DES GRANDS ESPACES [1]

PAR M. JAMIESON, INST. C. L., F. R. S., ETC.

L'éclairage électrique et l'éclairage au gaz. — Depuis longtemps déjà l'attention du public est attirée par l'éclairage électrique et la lutte qui semble être engagée entre le gaz et l'électricité pour certaines installations particulières d'éclairage. La question du prix de revient est des plus importantes quand il s'agit d'applications indus-

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 mai 1883, n° 51, p. 456.

Digitized by Google

trielles, et pour tenir nos lecteurs au courant de cette question nous ne saurions mieux faire que de leur mettre sous les yeux les prix de revient comparatifs de l'éclairage par les deux systèmes, résultats d'expériences récentes effectuées en Amérique et en Angleterre.

M. E. P. Coby, imprimeur à New-York, a fait des essais dans ses ateliers; dans un des bureaux, il a substitué sept lampes Edison à cinq becs de gaz, mais six d'entre elles seulement fonctionnaient; dans les ateliers il a laissé brûler le gaz.

Les lampes Edison sont du type de 16 bougies; du 10 octobre au 13 novembre 1882, soit pendant 34 jours, elles ont développé 13 246 candles, que la compagnie délivre au prix de 1 dollar par 1000 candles; elles ont donc coûté pendant ce temps-là 70fr,75 (13,25 dollars).

Les observations ont en même temps porté sur 23 becs de gaz du type de 6 pieds (170 litres). Le gaz est fourni par la *Mutual gaz Company*, il a un pouvoir éclairant de 25 candles.

Du 23 octobre au 22 novembre 1882, soit pendant 30 jours, les becs ont brûlé pendant une heure et demie par jour en moyenne et ils ont consommé 132 mètres cubes de gaz à 0fr,42 le mètre cube (2,25 dollars les 1000 pieds cubes), dont le prix est 55fr,40.

On voit qu'on ne peut tirer de comparaison immédiate de ces chiffres, les endroits que l'on éclairait ne sont pas les mêmes et n'ont même guère de point de ressemblance; les propriétaires disent bien que le gaz semblait donner plus de lumière, mais on n'a aucune donnée précise sur le pouvoir éclairant.

Afin de pouvoir établir une comparaison, nous sommes réduits à prendre les chiffres commerciaux et ne pas tenir compte pour le gaz de l'influence parfois assez grande que peuvent avoir les appareils sur l'éclairage.

L'éclairage électrique est fourni au prix de 1 dollar (5fr,34) par 1000 candles. D'un autre côté, le gaz de 25 candles (c'est-à-dire 25 candles par 5 pieds cubes) exige une consommation de 200 pieds cubes pour produire 1000 candles; ce volume de gaz coûte 0,45 dollars, c'est-à-dire que l'éclairage électrique coûte plus du double de l'éclairage au gaz.

On a également fait des expériences à Cleveland (Ohio) et on a abandonné l'électricité à cause de son prix trop élevé. Dans l'une des avenues, on avait placé 8 foyers Brush et ils coûtaient 66 250 francs par an; ils remplaçaient 75 becs de gaz qui ne coûtaient que 16 500 francs par an, ce qui équivaut à 0fr,62 par bec et par nuit, et en prenant le gaz à (9 shillings les 1000 pieds cubes) 0fr,40 le mètre cube, ce qui équivaut à une consommation de (55 pieds) 1550 litres.

Digitized by Google

Il est probable cependant que les compagnies peuvent fournir le gaz à des prix plus modérés. En adoptant ce taux, on voit que les becs ne peuvent pas brûler plus de 6 pieds cubes (170 litres) par heure en donnant 30 candles chacun (le gaz ayant un pouvoir éclairant de 25 candles), ce qui donne 2250 candles pour les 75 becs. Les lampes Brush donnent 850 candles réelles (non nominales) chacune, soit 6800 candles pour les 8 foyers. En nombres ronds, on voit que l'électricité donne trois fois de lumière et coûte quatre fois plus.

Le service de l'éclairage de la ville de Boston a publié un rapport très intéressant d'après lequel il y avait, à la fin de 1882, 12 967 lampes à huile, à gaz ou à l'électricité réparties sur tous les points de la ville, soit 71 de plus que l'année précédente. Par l'introduction des foyers électriques, il y a 149 becs de gaz en moins.

On a introduit les lampes Brush en février 1882, il y en a actuellement 59 du type de 2000 candles pour chacune desquelles la ville paie (65 centimes) 3fr,55 par nuit. Ces lampes donnent satisfaction.

En mai, la ville passa un marché avec la compagnie Weston, qui fournit 57 lampes d'un pouvoir éclairant de 2000 candles au prix de (58 centimes) 3fr,10 par lampe et par nuit. On n'est pas très satisfait de ces lampes et le chef du service l'attribue au manque d'entretien.

Le rapport donne en même temps une table des prix payés pour le gaz depuis 1875, d'après laquelle il semble que la ville de Boston payait le gaz 0fr,54 le mètre cube (2,85 dollars les 1000 pieds cubes) en 1875 et 0fr,28 (1,50 dollars) en 1882. Le gaz est livré aux consommateurs à des prix qui varient de 0fr,34 le mètre cube — la Boston Gaslight Company — à 0fr,56 (3 dollars) — la Jamaica Plain Gaslight Company.

Il est difficile de pouvoir tirer une comparaison de ces chiffres, car on ne donne pas le nombre d'heures durant lesquelles on a éclairé; en outre, on ne donne que la puissance nominale des lampes et l'on sait fort bien qu'il en est du pouvoir éclairant des lampes comme de la puissance des machines; ils ont une valeur nominale et une valeur effective, une lampe à arc avec des charbons de 11 millimètres a un pouvoir éclairant qui ne varie guère entre 800 et 900 candles.

La comparaison précédente a été faite d'après des essais effectués en Amérique, où le gaz est d'un prix très élevé par rapport à l'Angleterre, où il est parfois de 0fr,10 seulement le mètre cube; le prix de l'éclairage électrique peut du reste varier aussi; les résultats de cette comparaison ne pourraient donc être généralisés. En outre, les chiffres qui précèdent sont relatifs à l'éclairage de rues, d'ateliers, etc., dans des lieux où se trouvent des compagnies de gaz déjà

Digitized by Google

organisées. Nous allons maintenant établir une comparaison entre les deux systèmes, dans le cas particulier d'un château qui, si on voulait l'éclairer au gaz, exigerait l'installation d'une usine spéciale.

C'est dans ces conditions que M. Coope, de Rochetts, a installé l'éclairage électrique dans une maison qu'il vient de construire à Berechusch-Hall. L'installation comprend 200 lampes Swan et 4 machines Bürgin.

D'après les devis qu'il a dressés, M. Coope évalue à 33 350 francs l'installation du gaz (usine, canalisation, lampes, etc.); l'installation complète de l'éclairage électrique est évaluée à 36 760 francs (les machines dynamo y entrent pour 10 000 francs, les lampes pour 1375 francs, le moteur à vapeur et ses accessoires pour 8500 francs, les conducteurs pour 2000 francs.

La dépense de premier établissement est donc plus considérable pour l'électricité que pour le gaz.

Les dépenses d'exploitation sont évaluées comme il suit :

200 lampes Swan de 18 bougies, marchant 1150 heures par an, coûtent :

	fr.	c.
Charbon à 23 fr. la tonne.	962	60
Mécanicien à 37 fr 50 par semaine	1900	00
Renouvellement des 153 lampe à 51 fr. chacune	956	25
Amortissement 10 pour 100 sur le prix des machines à vapeur et dynamo	1850	00
Amortissement 5 pour 100 sur le prix des conduites	100	00
Total.	5818	85

M. Coope a une installation au gaz dans sa maison de Rochetts, et il estime que le prix de revient du gaz serait le même à Berechusch qu'à Rochetts. Or, pour moitié moins de lumière à Rochetts qu'à Berechusch, il dépense 5000 francs par an, et il prétend être au-dessous de la vérité, quand il dit qu'en dépensant le même pouvoir éclairant qu'à Berechusch, l'éclairage lui reviendrait à 10 000 francs. Ces chiffres sont basés sur une expérience de vingt-deux ans pour l'éclairage au gaz à Rochetts. Il y a donc un bénéfice de 4181^{fr},15 par an.

Il faut bien remarquer qu'il faut considérer cette installation comme une installation de luxe ; l'on fait observer d'ailleurs que l'on a ainsi l'avantage de ne pas avoir d'odeur provenant des fuites et de ne pas avoir de résidus encombrants qui, dans l'industrie du gaz, forment une branche toute spéciale et très considérable de l'exploitation.

Digitized by Google

LA CAUSE DU MAGNÉTISME LIBRE

DANS LES MÉTAUX MAGNÉTIQUES

Sous ce titre, M. le professeur D. E. Hughes a fait, le 24 mai dernier, devant la Société des ingénieurs télégraphistes et électriciens de Londres, une très intéressante communication dont nous allons résumer les conclusions : après avoir passé rapidement en revue les théories de Coulomb, de Poisson, d'Ampère, de de La Rive. de Wiedemann, de Weber et de Maxwell, et montré qu'aucune d'elles ne parvient à rendre compte de tous les phénomènes magnétiques aujourd'hui connus, M. Hughes arrive aux conclusions suivantes, toutes basées sur les résultats de l'expérience, relativement à la théorie du magnétisme :

1° Chaque molécule d'une pièce de fer, d'acier ou de tout autre métal magnétique est un aimant distinct et indépendant, ayant ses deux pôles et la distribution de sa polarité magnétique dans la même direction que celle observée sur le barreau d'acier dont elle fait partie.

2° Chaque molécule ou sa polarité peut tourner autour de son axe, dans l'une ou l'autre direction, soit par un effet mécanique, tel qu'une torsion ou une tension, soit par un effet physique, tel que le magnétisme et l'électricité.

3° La polarité inhérente ou magnétisme de chaque molécule est une quantité constante comme sa masse; cette quantité ne peut être ni augmentée ni diminuée.

4° Lorsque nous observons un état neutre, c'est-à-dire un magnétisme apparent nul, les molécules ou leurs polarités sont disposées de manière à satisfaire à leurs attractions mutuelles par le plus court chemin, et à former ainsi un circuit d'attraction complet et fermé.

5° Lorsque le magnétisme devient libre, les molécules ou leurs polarités ont toutes effectué un mouvement de rotation symétrique dans une direction donnée, produisant dans cette direction un pôle nord ou un pôle sud, suivant le sens de la rotation. Dans le magnétisme libre, on a encore un arrangement symétrique, mais les cercles d'attraction ne sont pas complets, excepté lorsque l'on vient rejoindre les deux pôles par une armature extérieure.

6° Le magnétisme permanent correspond au cas où la rigidité moléculaire maintient les molécules dans une direction donnée, comme

Digitized by Google

dans l'acier, et le magnétisme temporaire au cas où les molécules tournent librement sur elles-mêmes, comme dans le fer doux.

M. Hughes appuie sa théorie d'un grand nombre d'expériences personnelles faites, soit avec sa balance d'induction, soit avec des appareils plus simples fondés seulement sur les actions d'aiguilles aimantées ordinaires, et conclut en disant que l'exactitude probable de cette théorie est confirmée par le fait de son accord parfait avec tous les résultats fournis jusqu'ici par l'expérience.

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DU BROOKLYN-BRIDGE

A NEW-YORK

L'œuvre colossale dont l'inauguration a eu lieu à New-York, le 24 mai dernier, ne pouvait pas recevoir un autre éclairage que la lumière électrique, et, de fait, lorsqu'il s'est agi de concéder cet éclairage, on n'a pris en sérieuse considération que les systèmes électriques. Il est intéressant de faire connaître ici les raisons principales qui ont guidé le choix du Comité.

Le projet de la compagnie Edison, qui comportait un éclairage par incandescence, n'a pas reçu un accueil favorable ; il a paru au Comité qu'on obtiendrait une économie de force plus grande et un éclairage général plus parfait par de puissants arcs voltaïques.

Le choix s'est alors trouvé reporté entre le système Weston et le système Brush. Les deux compagnies qui exploitent respectivement ces systèmes se sont considérablement développées en Amérique, et ont toute l'expérience nécessaire pour mener à bien une installation d'éclairage telle que celle du pont de Brooklyn.

Après un examen approfondi des deux systèmes, le Comité a fait choix du système Weston, parce que les expériences faites par la commission de l'Exposition internationale d'électricité de Paris, en 1881, ont fourni un rendement beaucoup plus grand pour la machine Weston que pour la machine Brush.

En ce qui concerne les dangers que présentent les courants de haute tension, le Comité a reconnu aussi une grande supériorité au système Weston.

La longueur de l'arc dans la lampe ne dépense pas un trente-deuxième de pouce (huit dixièmes de millimètre), tandis qu'elle varie

Digitized by Google

entre un seizième et un huitième de pouce (1 millimètre et demi à 3 millimètres) dans les autres systèmes. La force électromotrice nécessaire pour alimenter un nombre donné de lampes en circuit est donc relativement faible avec le système Weston. Le courant est aussi continu et uniforme, tandis que, dans le système Brush, il présente une allure variable très marquée; tous les écrivains sur la matière sont d'accord pour reconnaître qu'un courant variable est beaucoup plus dangereux qu'un courant continu de même tension.

Le pont de Brooklyn étant un grand passage, et chaque défaut d'isolement ou déplacement accidentel des fils devant mettre la carcasse en fer de l'ouvrage en communication électrique avec le circuit, il a paru très urgent au Comité de ne pas faire usage de courants dont les décharges accidentelles pourraient être funestes.

Les conditions imposées par le comité de Brooklyn-Bridge à la United States Company, semblent parfaitement justifiées; l'installation a été faite avec le plus grand soin dans toutes ses parties et les résultats obtenus sont très satisfaisants. Voici quelques détails sur cette installation, détails que nous empruntons à notre excellent confrère *The Electrician*, de New-York.

L'éclairage complet se compose de 70 lampes à arc système Weston, type à double charbon, disposées en deux circuits de 35 lampes chacun. Ces lampes sont ainsi distribuées: 14 sur l'arche principale, 50 sur les arches et les rampes d'accès, et le reste dans les stations, à chaque extrémité du pont, et dans la salle des machines. Les deux circuits sont absolument indépendants et les lampes disposées alternativement sur l'un ou l'autre des circuits pour qu'en cas d'accident à un circuit, il n'y ait que la moitié des lampes d'éteintes.

Le pont, avec ses approches, ayant plus de un mile de longueur (1609 mètres), le développement de chaque circuit, aller et retour, représente plus de 3 kilomètres, soit 7 kilomètres environ pour les deux circuits. Chaque circuit est alimenté par deux machines Weston du type de 20 lampes, disposées en tension et actionnées par une machine Corliss indépendante. Ces machines sont établies à Brooklyn, et l'on a réservé une grande place dans la salle des chaudières et des machines, en prévision d'une extension prochaine et probable de l'éclairage.

On a rencontré des difficultés toutes spéciales pour l'isolement des fils, eu égard à la structure métallique du pont, mais ces difficultés ont été heureusement vaincues. Les conducteurs sont recouverts d'une couche épaisse de kérite, entourée d'un ruban de kérite; le tout est enfin enfermé dans une solide enveloppe de coton tressé. Les fils sont supportés de distance en distance par des pièces de bois enduites de

Digitized by Google

paraffine ; dans les traversées de voies, on les recouvre d'une nouvelle couche épaisse de ruban de kérite et on les enferme dans un tuyau en fer. Avec les dispositions adoptées, les fils d'aller et de retour d'un même circuit sont séparés par toute la largeur du pont et les deux fils contigus appartiennent à deux circuits différents.

Enfin, les conducteurs ont été prolongés, du côté de New-York, jusqu'à la station centrale de la United States Company. Dans le cas improbable où la station de Brooklyn se trouverait entièrement et accidentellement arrêtée, il suffirait de quelques minutes pour manœuvrer des commutateurs à Brooklyn et à New-York, et rallumer aussitôt toutes les lampes à l'aide du courant fourni, cette fois, par la station centrale de New-York.

La vapeur qui doit actionner les machines à vapeur de l'usine de Brooklyn, sera fournie par les mêmes chaudières qui alimenteront les machines de la traction funiculaire sur le pont. En attendant que cette installation soit terminée, le courant est provisoirement produit par la station de l'Illuminating Company, dans Elm street.

PUISSANCE D'EMMAGASINEMENT
DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

Depuis les expériences faites au Conservatoire des arts et métiers, au commencement de l'année 1882, sur les accumulateurs de M. Camille Faure, par une commission de l'Exposition d'électricité, et composée de MM. Allard, F. Le Blanc, Joubert, Potier et Tresca (voy. l'*Électricien* du 1er avril 1882), on n'avait pas de chiffres et de résultats d'expériences qui permettent de juger des progrès réalisés par les accumulateurs électriques au point de vue de leur puissance d'emmagasinement et de leur conservation de la charge. Cette lacune vient d'être comblée par des expériences récentes faites par M. le professeur Henry Morton, président du *Stevens institute of Technology*, de Hoboken, N.-J., sur des accumulateurs Faure-Selton-Volckmar, construits par l'Electrical Power Storage Company, dans ses ateliers de Millwall, près de Londres.

Nous allons résumer les résultats obtenus par ce savant, en les réduisant en mesures françaises, pour faciliter les comparaisons. Rappelons d'abord que les accumulateurs en question diffèrent du type essayé au Conservatoire sur plusieurs points : ils ne renferment

Digitized by Google

pas de feutre, ce qui, à dimensions égales, réduit leur résistance intérieure tout en prolongeant leur durée; la matière active, plomb réduit et plomb peroxydé, se trouve, d'autre part, renfermée dans un quadrillage de plomb métallique qui la maintient solidement et forme un réseau conducteur uniformément réparti sur la lame entière.

Dans ces conditions, il n'est pas étonnant que les résultats trouvés par M. H. Morton, soient plus favorables que ceux de la commission de l'Exposition d'électricité.

Les expériences de M. Morton ont été faites sur le type désigné sous le nom de *cheval-heure*, parce que, convenablement chargé, ce type doit fournir une énergie électrique équivalente à un cheval-vapeur pendant une heure, c'est-à-dire 270 000 kilogrammètres.

Chaque accumulateur présente extérieurement la forme d'un parallélipipède de 32 centimètres de hauteur, 24 centimètres de longueur et 15 centimètres d'épaisseur. Chaque accumulateur renferme 16 lames dont le poids total est de 22 kilogrammes; avec la boîte en bois doublée de plomb et le liquide, le poids total atteint environ 36 kilogrammes.

Un de ces éléments, soigneusement mesuré par M. Morton, a fourni un courant de 32,5 ampères au commencement et 31,2 ampères à la fin d'une décharge continue pendant neuf heures, ce qui représente une quantité de 286,5 ampères-heure ou de 1 031 400 coulombs.

Une lampe Edison de 16 candles demandant un courant de 0,73 ampères, ce courant de 32 ampères suffirait pour alimenter 44 lampes pendant neuf heures de suite, à la condition de disposer 50 accumulateurs en tension, pour obtenir une force électromotrice suffisante. La durée totale de l'éclairage se trouverait augmentée si, comme c'est le cas général en pratique, les lampes ne fonctionnaient que par intervalles. Ainsi, par exemple, pour une moyenne d'éclairage de cinq heures par nuit, conditions ordinaires de l'éclairage privé, une batterie de 50 accumulateurs pourrait alimenter 11 lampes pendant une semaine.

En prenant pour point de comparaison la lampe Edison, type de 16 candles, on trouve avec les chiffres ci-dessus, qu'il faut environ un poids de 4600 grammes d'accumulateurs par lampe-heure d'éclairage, soit 5 kilogrammes en nombre rond. Ce chiffre permet de calculer facilement et rapidement le poids d'accumulateurs nécessaire pour un nombre de lampes et un nombre d'heures de fonctionnement donnés.

D'autres expériences faites dans le but de déterminer le rapport entre la quantité d'électricité dépensée pendant la charge et la quantité fournie à la décharge, ont montré que cette perte était un peu

Digitized by Google

inférieure à 10 pour 100; ce chiffre concorde assez bien avec les expériences faites par M. Planté sur ses couples, ainsi qu'avec les expériences du Conservatoire des arts et métiers. La différence entre l'énergie électrique fournie aux accumulateurs pendant la charge et l'énergie électrique totale disponible à la décharge constitue une perte de 18 pour 100.

M. Morton a fait ensuite des expériences pour déterminer la quantité de charge que peuvent garder les accumulateurs après un temps donné. Trois accumulateurs chargés le 1er février 1883 et scellés jusqu'au 16 février, ont été ensuite déchargés à raison de 32 ampères; ils ont fourni 266,7 ampères-heure, ou 960 120 coulombs. En rapprochant ces chiffres de ceux fournis par d'autres éléments déchargés immédiatement après la charge, on trouve que la perte n'a pas dépassé 7 pour 100 après quinze jours.

Les résultats obtenus par M. Morton sont encourageants et montrent que de véritables progrès ont été accomplis relativement à la puissance d'emmagasinement et à la conservation de la charge des accumulateurs. Il ne reste qu'un point à éclaircir, mais il est capital au point de vue des applications : quelle est la durée *effective* des plaques positives sous l'action des charges et des décharges successives d'un service continu, et quel amortissement représente le remplacement de ces plaques positives? Nous espérons que M. H. Morton voudra bien compléter son intéressant rapport à ce point de vue; le développement des applications industrielles des accumulateurs est lié en grande partie à cette question si secondaire en apparence.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 21 mai 1883.

Sur l'interférence électrodynamique des courants alternants. — Note de M. A. Oberbeck.

Dans les *Comptes rendus* (séance du 15 janvier 1883), M. Brillouin propose plusieurs méthodes pour déterminer l'ohm, qui reposent toutes sur l'application du principe suivant :

Digitized by Google

L'action électrodynamique mutuelle de deux courants alternants (vibrations électriques) dépend non seulement du produit des amplitudes, mais aussi de la différence de phase des vibrations, et devient zéro pour la différence de phase $\frac{\pi}{2}$.

C'est de cette proposition importante que je me suis occupé le premier depuis deux années.

J'ai publié, sur ce sujet, plusieurs mémoires[1] que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie, mémoires qui semblent être restés inconnus à M. Brillouin. J'ai proposé, pour le principe mentionné qui montre une certaine analogie avec les phénomènes d'interférence optique, la dénomination qui forme le titre de cette note.

Dans les mémoires cités, j'ai donné plusieurs moyens pour réaliser l'interférence électrodynamique; j'ai exposé la théorie générale de ce phénomène, et j'ai appliqué cette théorie à un grand nombre de cas spéciaux, par exemple à la méthode du pont de Wheatstone.

Les conditions d'interférence complète se distinguent, en général, par une forme remarquable. Au lieu de donner seulement une équation entre les rapports de résistances (cas du zéro pour le pont de Wheatstone et les courants constants), elles présentent ordinairement entre les grandeurs dont il s'agit : coefficients d'induction de bobines, capacités de condensateurs, résistances, temps, etc., une liaison qui correspond directement aux dimensions de ces grandeurs. Dans mon premier mémoire j'en ai donné plusieurs exemples.

Il va sans dire qu'on peut appliquer ces relations à des mesures absolues, par exemple à la détermination de l'ohm.

M. Brillouin propose, pour ce but, un arrangement assez compliqué. Il s'agit de trois circuits dont le premier agit par induction sur le second, le second encore par induction sur le troisième. J'espère qu'on trouvera des conditions d'expérience plus simples. Mais, en général, je suis d'accord avec M. Brillouin sur ce point que le principe de l'interférence électrodynamique se prêtera très bien à des mesures absolues.

Séance du 28 mai 1883.

Sur le transport de l'énergie mécanique. — Note de M. Marcel Deprez.

Lorsque l'on veut transmettre du travail au moyen de l'électricité

[1] *Monatsberichte der Berliner Akademie*, p. 125-131, et p. 1065-1074, 1882; Wiedemann, *Annal. der Physik*, t. XVII, p. 816-841, et p. 1040-1042; t. XIX, p. 214-226.

Digitized by Google

et que l'on se donne la quantité de travail qui doit être développée sur l'arbre de la réceptrice, la résistance totale du circuit et le rendement économique que l'on veut atteindre, ces trois quantités permettent de déterminer toutes les autres conditions du problème, c'est-à-dire les forces électromotrices directe et inverse et l'intensité du courant.

Si l'on désigne par :

e_0 la force électromotrice de la génératrice;

e_1 la force électromotrice de la réceptrice;

R la résistance totale du circuit composé des machines et de la ligne;

t_1 le travail mécanique que doit développer la réceptrice dans l'unité de temps;

k le rendement économique, c'est-à-dire le rapport du travail développé par la réceptrice au travail absorbé par la génératrice;

I l'intensité du courant;

on a, lorsque les machines sont supposées parfaites,

$$e_0 = \sqrt{\frac{gRt_1}{k(1-k)}}, \quad e_1 = \sqrt{\frac{kgRt_1}{1-k}};$$

d'où l'on tire, en remarquant que $k = \frac{e_1}{e_0}$,

$$I = \frac{e_0 - e_1}{R} = \sqrt{\frac{(1-k)\,gt_1}{kR}}.$$

J'ai fait connaître, il y a environ deux ans, les équations qui donnent e_0 et e_1, mais c'est surtout sur celle qui donne la valeur de I que je crois devoir attirer l'attention. Elle montre, en effet, que l'intensité du courant ne dépend en réalité que de deux variables qui sont : le rendement économique que l'on veut obtenir, et le rapport du travail mécanique de la réceptrice à la résistance totale du circuit. La conséquence pratique la plus importante qui résulte immédiatement de là, c'est que, si l'on distribue le travail d'une usine centrale à un certain nombre de machines réceptrices groupées en série, l'intensité du courant devra varier automatiquement en même temps que le travail total développé par l'ensemble des récepteurs répartis le long de la ligne, si l'on veut que le rendement économique reste constant. C'est là un fait important, qui montre que la distribution de l'énergie mécanique au moyen d'un courant d'intensité constante ne remplirait pas les conditions que l'on est en droit d'exiger dans ce genre d'application, à moins de faire varier aussi la résistance du circuit suivant une loi déterminée.

Digitized by Google

Je ferai connaître ultérieurement les procédés que j'ai trouvés pour assurer, dans ce cas, un rendement constant, quel que soit le travail demandé à l'ensemble des récepteurs, *la vitesse de ceux-ci devant rester constante*, ainsi qu'on l'exigera toujours dans les applications industrielles.

Si l'on voulait appliquer les formules ci-dessus, non pas à des machines idéales, mais à des machines réelles, dans lesquelles la transformation du travail mécanique en courant électrique sensible ou réciproquement n'est jamais complète, il suffirait d'y introduire les coefficients H et *h* déjà employés par M. Cornu dans les calculs relatifs aux expériences du chemin de fer du Nord et auxquels on pourrait, il me semble, donner le nom de *coefficients de transformation*. C'est, je crois, la manière la plus simple de tenir compte de tous les phénomènes parasites complexes qui s'accomplissent dans le fil de l'induit des machines à collecteur et qui ne disparaîtraient que dans une machine dont l'anneau serait composé d'un nombre infiniment grand de sections infiniment petites.

Sur la connexion entre les éclipses de Soleil et le magnétisme terrestre.
Extrait d'une note du P. Denza.

D'après la discussion des observations magnétiques faites pendant les différentes phases des éclipses totales et celles qui concernent les autres éclipses étudiées pendant l'espace de treize ans consécutifs, je crois enfin le moment venu de pouvoir établir, avec la certitude requise en cette matière, la loi physique suivante :

La conjonction de deux astres dans les éclipses de Soleil, de même que leur opposition dans les éclipses de Lune, n'ont aucune influence sur les variations des éléments magnétiques de la Terre; et pour ce motif il n'y a aucune connexion entre les éclipses et le magnétisme terrestre.

M. Moigno adresse à l'Académie, à propos des récentes expériences de M. Marcel Deprez, une note intitulée : *Résistance sous laquelle doit naître le courant des machines magnéto ou dynamo-électriques pour produire son effet à distance à travers de grandes résistances extérieures* (Extrait).

« Les effets d'aimantation obtenus avec les machines magnéto-
« électriques furent d'abord très bornés, parce que l'on recomman-
« dait toujours de se servir de la bobine à fil gros et court. Je crois
« avoir reconnu le premier, dès 1838, que l'on obtenait des électro-

Digitized by Google

« aimants très puissants, en faisant usage, pour la machine magnéto-
« électrique, d'une bobine à fil très fin et très long. »

L'*Extrait* des *Comptes rendus* semble laisser croire qu'il est nécessaire d'avoir un fil long et fin pour obtenir des électro-aimants puissants. L'expérience prouve qu'il n'en est pas ainsi en réalité, et qu'un champ magnétique de dimensions données et d'une intensité donnée coûte toujours la même somme d'énergie électrique, soit qu'on le produise avec des barres de cuivre de plusieurs centimètres carrés de section et des courants de près de 1000 ampères, ou bien avec des fils très-fins et des courants d'une fraction d'ampère seulement, comme dans les machines connues sous le nom de shunt-dynamos.

Séance du 4 juin 1883.

M. G. Cabanellas présente une note intitulée : De la puissance mécanique passive, de la résistance intérieure et du champ magnétique des régimes *allure-intensité;* détermination électrique de leurs valeurs effectives.

Séance du 11 juin 1883.

M. F. Tovo adresse un Mémoire *Sur un produit thérapeutique d'électrisation interne, destiné à combattre les maladies vermineuses.*

M. Marcel Deprez prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place actuellement vacante dans la section de mécanique, par suite du décès de M. *Bresse* (Renvoi à la section de Mécanique).

M. *Jamin* présente une note de M. Krouchkoll, *Sur la variation de la constante capillaire des surfaces eau-éther, eau-sulfure de carbone sous l'action d'une force électromotrice.*

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 2 juin 1883.

M. Violle a étudié au spectrophotomètre les radiations émises par les métaux incandescents. Les résultats obtenus pour le platine ne sont

Digitized by Google

bien représentés ni par la formule exponentielle de Dulong et Petit, ni par la loi de la quatrième puissance de la température absolue (T^4) proposée par M. Stefan et qui s'accorde avec les expériences de Dulong et Petit, mieux encore que la formule exponentielle. Pour les températures supérieures à 300 degrés, l'intensité des radiations émises est intermédiaire entre celles qui pourraient être calculées par l'une ou par l'autre de ces deux formules.

M. Violle rappelle ensuite qu'il a proposé comme étalon d'intensité lumineuse un métal en fusion au moment de sa solidification.

Le métal qui convient le mieux, à cause de son inaltérabilité, est le platine ; mais son prix élevé et la difficulté de le fondre ont engagé M. Violle à faire des expériences sur l'argent.

Pour cette étude, M. Violle a employé la méthode suivante. Un faisceau de radiations émises par le métal, limité par un écran constamment refroidi par un courant d'eau froide, tombe sur l'une des faces d'une pile thermo-électrique. Celle-ci est contenue à l'intérieur d'une enceinte à trois enveloppes, et ses pôles communiquent avec un galvanomètre à réflexion.

Quand on laisse refroidir l'argent, après l'avoir fondu, on observe une diminution régulière dans l'intensité des radiations émises. Au moment où la solidification commence, il se produit un léger ressaut dans l'intensité ; ce ressaut est dû à ce que la température du métal s'élève un peu, l'argent ayant subi un commencement de surfusion.

Pendant toute la durée de la solidification, l'intensité des radiations demeure parfaitement constante ; à la fin on observe encore un léger ressaut, dû à ce que le solide possède un pouvoir émissif un peu supérieur au liquide. A partir de ce moment l'intensité des radiations diminue avec la température de l'argent solide.

Le rochage ne se produit qu'assez longtemps après la solidification et par conséquent ne peut pas gêner.

En employant un fourneau Perrot, on peut maintenir l'argent à son point de fusion aussi longtemps qu'il est nécessaire aux comparaisons spectro-photométriques.

M. Violle répète l'expérience devant la Société avec une masse d'argent de 1800 grammes environ.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

Annuaire de l'Électricité pour 1883, par A. Révérend. — Première année, 1 vol. in-8°, 216 pages (*A. Révérend*, éditeur). En signalant, il y a deux ans, le but et l'utilité de l'*Electrical Directory* de notre collaborateur M. J.-A. Berly, nous avions exprimé le vœu de voir paraître rapidement en France une travail analogue. Notre vœu vient d'être réalisé par M. A. Révérend, sous le titre d'*Annuaire de l'Électricité*. L'ouvrage débute par une étude de M. Th. du Moncel sur les progrès de la science électrique en 1882, suivie d'une liste alphabétique des différentes professions qui se rattachent plus ou moins directement à l'électricité et à ses applications, avec les adresses des fabricants, de documents divers sur le Ministère des Postes et des Télégraphes, les tarifs des dépêches télégraphiques, les Sociétés d'électricité, les principaux brevets électriques, les journaux électriques, les publications récentes, et enfin des annonces et des avertissements. L'*Annuaire de l'Électricité* s'adresse surtout aux fabricants et aux industriels, qui y trouveront un grand nombre de renseignements et d'adresses souvent fort difficiles à se procurer.

La navigation électrique, par Georges Dary. — Deuxième édition, 1 vol. in-12, 64 pages (Baudry, éditeur).

CORRESPONDANCE

SUR LES MACHINES ÉLECTRIQUES A DIFFÉRENCE DE POTENTIEL CONSTANTE AUX BORNES

Paris, le 18 juin 1883.

Monsieur le Directeur,

Je trouve dans le numéro de l'*Électricien* du 15 juin 1883 un article de M. Ernest Richter, tiré de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* d'avril 1883, que je ne puis, à mon grand regret, laisser sans réponse.

Je me vois forcé de m'adresser à votre obligeance et de vous prier d'insérer

Digitized by Google

à ce sujet, dans votre plus prochain numéro, les quelques réclamations qui suivent.

Cet article indique en effet très-nettement, d'une part, que la maison Siemens et Halske est l'inventeur du système fort simple de distribution qui y est exposé.

La date de la demande du brevet en Allemagne (20 juillet 1882) y est même précisée, ainsi que celle des premiers essais (12 août 1882).

D'autre part, il est dit, dans cet article, que ce brevet allemand a été rejeté par la commission bien connue, vu l'antériorité du montage Synsteden de 1871 ou de 1851.

Ce système de distribution électrique serait ainsi dans le domaine public en Allemagne.

Je me hâte de dire que le montage Synsteden n'a aucun rapport avec ce système de distribution ; c'est plutôt, en effet, le montage de la distribution Marcel Deprez.

Comme l'article émane de M. E. Richter, attaché à la maison Siemens, il est présumable que la maison Siemens de Paris approuve cette manière de voir, ce qui est susceptible d'induire en erreur les intéressés français et, par suite, de me porter un préjudice grave.

La maison Siemens de Paris ne peut en effet ignorer que je revendique formellement ce système de distribution comme mon invention, puisque c'est chez elle qu'ont été faits par moi les premiers essais à ce sujet et que j'ai exposé en détail à ses ingénieurs toutes les particularités de son fonctionnement, ce, bien avant les dates indiquées par M. Richter en son article.

Dès novembre 1881 j'ai déposé à l'Académie des sciences de Paris un pli cacheté, et, dès décembre 1881, j'exposais aux maisons Siemens de Paris et de Berlin les grandes lignes du système; mes derniers brevets de perfectionnements datent de fin mai 1882.

La priorité ne saurait donc m'être contestée et je la revendique.

La chose, ce me semble, en vaut la peine.

Je ferai d'ailleurs remarquer que nous ne sommes pas en Allemagne, mais bien en France, que la procédure relative aux brevets n'est pas chez nous soumise aux mêmes influences que chez nos voisins, et que si ces MM. Siemens ont succombé devant l'antériorité de Synsteden, il n'y a pas les mêmes raisons pour que le brevet français soit contesté.

J'ai la conviction qu'il s'agit d'une invention réellement nouvelle et que le rapprochement entre le montage Synsteden et le mien fait honneur à la science, mais non à la perspicacité du Comité des brevets allemands.

Veuillez, etc.

E. Desroziers,
Ingénieur civil des mines. — 42, rue de l'Échiquier.

Digitized by Google

FAITS DIVERS

Association française pour l'avancement des sciences. — Le 12e congrès de l'Association se tiendra à Rouen du 16 au 23 août. Parmi les nombreuses communications déjà inscrites dans la section de physique, nous signalerons les suivantes, qui intéressent plus directement les Électriciens :

M. *Boudet, de Paris.* — Sur les applications des condensateurs aux communications téléphoniques.

M. *Debrun.* — Appareil pour l'observation de l'électricité atmosphérique.

Dr *Goyat-Wecker.* — Avantages de l'altitude et de l'intensité sur la multiplicité des foyers dans l'éclairage public.

M. *Donato Tommasi.* — Recherches diverses sur les piles et les accumulateurs. Régulateur photo-électrique à sélénium.

—

École de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris. — Un concours pour l'admission des élèves à cette École sera ouvert le 16 juillet 1883. Les candidats qui désireraient y prendre part devront se faire inscrire à la préfecture de la Seine (3e bureau de la Direction de l'enseignement). Les conditions sont : Être Français et avoir plus de quatorze ans et moins de dix-huit ans le 1er octobre de l'année du concours. L'École municipale de physique et de chimie industrielles est destinée à servir de complément aux écoles d'enseignement primaire supérieur, et à fournir aux jeunes gens sortant de ces écoles les moyens d'acquérir les connaissances scientifiques spéciales, qui leur permettent d'occuper dans l'industrie privée des emplois d'ingénieurs ou de chimistes. L'enseignement donné à cette École a un caractère essentiellement pratique. Nous appelons l'attention de nos lecteurs sur le but et l'utilité de cette École ; ils auront de plus amples renseignements en s'adressant à l'École même, 42, rue Lhomond (ancien collège Rollin).

—

Le dîner mensuel des Électriciens. — Le quatrième dîner mensuel de la réunion qui porte ce nom a eu lieu le 21 juin sous la présidence de M. Lœvy, membre de l'Institut (section d'astronomie). On se rappelle que lors de la fondation de ce dîner, il y a trois mois, M. le ministre des Postes et des Télégraphes en avait accepté la présidence.

Le second dîner avait été présidé par M. Georges Berger, commissaire général de l'Exposition internationale d'électricité de Paris, et le troisième par M. le comte de Douhet, sénateur. Au quatrième dîner auquel assistait M. de Lesseps : on a discuté et admis en principe la création d'une *Société des Électriciens.*

Digitized by Google

L'idée nous paraît plus heureuse que celle du dîner mensuel créé, nous aimons à le croire, dans une intention excellente, mais avec peu de chances de succès. Un repas mensuel à quinze francs par tête est au-dessus des moyens de bon nombre d'Électriciens, qui verseraient au contraire volontiers une cotisation annuelle de vingt francs pour assister aux séances mensuelles et recevoir le bulletin de la future Société.

Les discours *après boire* ne seront jamais que des toasts, toujours coulés dans le même moule; à notre humble avis, un dîner annuel suffirait, et au delà, à satisfaire les Électriciens les plus gourmands et les plus toasteurs.

—

Les accumulateurs et le métallodion. — Le docteur H. Aron, de Berlin, a donné le nom de métallodion au mélange formé par un oxyde quelconque avec le collodion. Les premières expériences de M. Aron semblent être un peu antérieures aux recherches de M. Camille Faure; il reconnut à cette époque que le plomb spongieux convenait seulement comme électrode négative, la formation d'oxyde de plomb sur la lame positive ayant pour effet d'augmenter la résistance intérieure de l'élément. Mais le Dr Aron ne poursuivit pas ses recherches dans ce sens, eu égard aux difficultés qu'il rencontra à maintenir le minium en place. Il obtint plus tard des résultats intéressants en recouvrant les plaques de plomb d'une pâte formée de minium et de collodion.

Le métallodion semble d'ailleurs appelé à recevoir d'autres applications. Par exemple, si l'on frotte avec un métallodion de peroxyde de manganèse le charbon d'une pile Leclanché, il suffit de placer ce charbon dans la pile pour obtenir un bon fonctionnement de l'élément, tout en disposant d'un moyen facile pour renouveler le dépolarisant.

Le Dr Aron a observé, au cours de ses expériences, que pour donner aux lames de plomb des accumulateurs l'aspect cristallin, il n'était pas nécessaire, comme la préconisé récemment M. Gaston Planté, de les faire digérer dans l'acide azotique avant toute opération ultérieure : il suffit d'ajouter à l'acide sulfurique un peu d'acide azotique, dans la pile même, ou, mieux encore, d'employer d'abord de l'acide sulfurique pur et, lorsque le plomb a été recouvert d'une couche mince de peroxyde, d'ajouter l'acide azotique : le peroxyde de plomb étant pratiquement inattaqué par l'acide azotique, s'oppose à une action trop énergique. Les plaques ainsi préparées peuvent être rapidement attaquées jusqu'à une profondeur de un demi-millimètre. Elles prennent alors une charge puissante, mais elle ne paraissent pas la garder aussi longtemps que les piles Faure ou les accumulateurs au métallodion de minium.

—

L'exploitation des dépôts de sables de fer magnétique au Canada. — Le fleuve Saint-Laurent, au Canada, dépose sur plusieurs points de son parcours des sables plus ou moins riches en oxyde de fer magnétique. Les dépôts de ce fleuve représentent des quantités énormes et suffisamment riches pour qu'on ait essayé de les exploiter industriellement. Il y a une quinzaine d'années

Digitized by Google

environ, la question attira l'attention de quelques capitalistes de Montréal, qui établirent à Maisic une usine métallurgique dont les résultats techniques furent satisfaisants et fournirent un fer d'excellente qualité, mais d'un prix trop élevé pour rendre l'affaire rémunératrice. La cause de cet insuccès résidait surtout dans ce fait que la présence du fer titanifère et l'état de division extrême du sable magnétique obligeaient à consommer une grande quantité de combustible pour la réduction complète du minerai. Tous les essais de triage restèrent infructueux, à cause de la faible différence de densités des minerais ; cette densité est en effet 5,18 pour le fer magnétique et 4,70 pour le fer titanifère. Aujourd'hui, grâce aux progrès réalisés dans les applications industrielles de l'électricité, la question se pose de nouveau avec plus de chances de succès. Les nouvelles méthodes de triage électro-magnétique des minerais permettent en effet de séparer le fer magnétique de toutes les impuretés solides telles que la silice, l'acide titanique, le fer titanifère, etc. Il ne resterait plus alors qu'un fer magnétique pur à l'état divisé renfermant 72 pour 100 de fer métallique et 28 pour 100 d'oxygène. Le traitement de ce minerai serait alors excessivement simple : il consisterait en une réduction de l'oxyde magnétique, sans avoir à se préoccuper ni des fondants, ni du laitier, puisque le triage électro-magnétique aurait fait primitivement disparaître toutes les impuretés. On voit qu'il aura suffi d'une invention électrique pour modifier les procédés métallurgiques et rendre utilisables des minerais dont l'exploitation était restée jusqu'ici infructueuse.

—

Sur l'état prétendu lumineux d'un champ magnétique. — On sait, dit le professeur W.-F. Barrett dans le *Philosophical Magazine*, que le baron von Reichenbach prétendait avoir découvert une émanation lumineuse particulière produite entre les pôles d'un aimant et ressemblant à la lueur de la décharge électrique dans l'air raréfié. Le professeur Barrett a fait récemment, avec le concours de la Société des recherches psychologiques, une série d'expériences pour établir le bien ou mal fondé de ce prétendu phénomène. Aucun membre du Comité n'a pu voir lui-même le phénomène en question, mais il a découvert un certain M. G.-A. Smith et un garçon boulanger du nom de Frédéric Wells, qui ont aperçu, dans une salle absolument obscure pour tout le monde, une légère illumination, un véritable cône de lumière à l'un et l'autre pôle d'un puissant électro-aimant ; ils pouvaient indiquer, par l'apparition ou la disparition de ces lueurs, le moment où le circuit était établi ou rompu sur l'électro-aimant à l'aide d'un commutateur placé dans une pièce séparée.

Le professeur Barrett semble avoir pris de nombreuses précautions pour éviter toute erreur consciente ou inconsciente de la part des *sujets;* on peut espérer que le Comité n'en restera pas là de ses travaux et qu'il les continuera jusqu'à ce que le phénomène soit visible, non plus pour les garçons boulangers et autres personnes plus ou moins responsables, mais par des observateurs expérimentés.

Digitized by Google

M. *Donato Tommasi* étudie une nouvelle disposition de bougie de Jablochkoff à remontoir automatique, pour compenser l'abaissement progressif du point lumineux, au fur et à mesure de l'usure de la bougie, abaissement très-gênant dans un certain nombre d'applications. Le principe du système de M. Tommasi consiste à faire usage d'une pile *à sélénium* disposée de façon à être frappée par les rayons de la bougie, et à utiliser les variations de résistance de cette pile avec les variations de la lumière pour commander le mécanisme de relevage. Il est à craindre, à notre avis, que la complication presque obligée du système ne soit de nature à en restreindre les applications industrielles.

—

Le téléphone et la morale. — Il s'est posé récemment en Amérique la question assez curieuse de savoir si un abonné au réseau téléphonique avait ou n'avait pas le droit d'employer, dans sa conversation, un langage trop fleuri d'épithètes malsonnantes et de jurons plus ou moins grossiers. L'abonné ayant résisté à toutes les sollicitations de la Compagnie, celle-ci prit le parti de lui supprimer la communication, et fit un règlement interdisant l'usage de mots grossiers dans les conversations téléphoniques. L'affaire a été portée devant le tribunal, et la Cour a donné gain de cause à la Compagnie, objectant avec raison que le téléphone était entre les mains d'un grand nombre de familles, qu'une conversation téléphonique peut arriver, par erreur, aux oreilles d'autres personnes que le destinataire, et qu'enfin les employés des bureaux téléphoniques sont, le plus souvent, des jeunes filles ou des dames d'excellente éducation auxquelles on devait le respect. La décision est juste autant que morale; un instrument de civilisation comme le téléphone ne doit servir à propager électriquement qu'un langage plein de politesse et d'urbanité.

—

Une annonce de l'avenir. — C'est à l'*Engineer* de Londres que revient l'initiative de cette annonce. Pour n'être actuellement qu'une boutade, il serait téméraire aujourd'hui de dire qu'elle ne deviendra pas tôt ou tard une réalité. Quoi qu'il en soit, elle mérite d'être signalée en passant :

MM. *Dyne, Erg and Co, marchands de force;* boîtes d'énergie du modèle le plus perfectionné. *Gros et détail.*

MM. Dyne, Erg and Co appellent tout particulièrement l'attention des tricyclistes sur leurs nouveaux moteurs invincibles, dont le débit *garanti* est de un demi-cheval vapeur pendant dix heures, à raison de un penny (10 centimes) par heure. Poids : 30 livres (14 kilogrammes). Le moteur le plus léger actuellement en vente.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

SUR LE PRIX DU TRAVAIL FOURNI

PAR

LES PILES HYDRO-ÉLECTRIQUES

On se propose d'établir, par le calcul, les prix de revient du travail fourni par les piles hydro-électriques.

On déterminera d'abord le *prix théorique*, en supposant un fonctionnement parfait et une utilisation totale; puis on obtiendra le *coût pratique approximatif* en multipliant le prix théorique par deux facteurs : le premier, qu'on pourrait appeler *coefficient d'utilisation physique*, exprime le rapport entre la force électromotrice du couple et la chute de potentiel *utilisée;* le second facteur, ou *coefficient d'utilisation chimique*, étant la proportion entre les poids de matières employées et les poids utilement consommés.

L'utilisation physique ne dépend pas de la nature du couple; on peut donc admettre qu'elle serait la même dans toutes les combinaisons voltaïques, et la supposer égale à 1,3. L'utilisation chimique, au contraire, diffère beaucoup d'une pile à l'autre; on ne pourra l'estimer qu'approximativement, d'après les notions pratiques que nous possédons sur l'importance des pertes à subir par les actions locales et l'incomplet épuisement des matières.

Les évaluations obtenues ainsi ne devront être prises qu'à titre de renseignements généraux, car les chiffres de la dépense théorique varient comme les cours commerciaux, et les coefficients d'utilisation changent avec la construction des couples et les conditions de leur emploi. Il faudra donc, dans l'application, remonter aux éléments des calculs pour leur faire subir, au besoin, de judicieuses corrections.

I

On prendra pour base de calcul un travail de 3600 kilogram-

Digitized by Google

mètres, soit 1 kilogrammètre par seconde pendant une heure, ou $\frac{1}{75}$ de cheval-heure.

Le travail en kilogrammètres étant exprimé par $W = \frac{QE}{g}$, on a, pour $W = 3600$:

$$Q \text{ (en coulombs)} = \frac{g}{E \text{ (en volts)}} \times 3600.$$

Si un corps dont l'équivalent chimique est α, est intéressé dans les réactions du couple pour n équivalents, le poids dépensé théoriquement pour 3600 kilogrammètres sera :

$$P = Q \times \alpha \times n \times H = \frac{g}{E} \times n \times 3600\,\alpha H, \qquad (1)$$

H étant le poids correspondant à 1 coulomb pour l'hydrogène, dont l'équivalent est 1.

On sait que $H = 0^{mgr},0105$; en remplaçant le produit 3600 H par sa valeur $= 0^{gr},0368$, l'expression devient :

$$P = \frac{g}{E} \times n \times \alpha \times 0^{gr},0368. \qquad (2)$$

Étant obtenus, par cette formule, les poids de chacun des corps qui agissent chimiquement dans la pile, il suffira de les multiplier par leurs prix respectifs et de les additionner, pour obtenir la *dépense théorique* des couples. Si la pile produit des résidus vendables, on calculera de la même manière leurs prix, qui seront à déduire de la dépense.

Pour appliquer ces calculs à une pile, il faut connaître sa force électromotrice, ses réactions chimiques et les cours commerciaux des matières premières et des résidus.

La chimie des piles n'est connue que pour un petit nombre de combinaisons voltaïques, parmi lesquelles nous choisirons :

1° Le couple de Volta : zinc, cuivre, eau acidulée;

2° Les couples du genre Daniell : zinc, sulfate de zinc-cuivre, sulfate de cuivre;

3° Les couples zinc, charbon et mélange chromique.

Digitized by Google

Il sera, d'ailleurs, facile d'étendre les calculs à d'autres combinaisons voltaïques.

Pour accélérer les opérations qui vont suivre, dressons le tableau des valeurs de $\alpha \times 0{,}0368$, pour les corps employés dans les piles à étudier :

NOM DU CORPS.	FORMULE.	ÉQUIVALENT CHIMIQUE.	VALEUR DE $\alpha \times 0{,}0368$.
			Grammes.
Hydrogène	H	1,0	0,0368
Zinc	Zn	32,7	1,20
Cuivre	Cu	31,8	1,17
Acide sulfurique monohydraté	SO^4H	49,0	1,80
Sulfate de zinc	$SO^4Zn,7HO$	177,1	6,53
Sulfate de cuivre	$SO^4Cu,5HO$	124,8	4,59
Bichromate de potasse	$2CrO^3,KO$	147,67	5,43

Les poids des corps engagés ou libérés seront donc obtenus en multipliant la valeur de $\alpha \times 0{,}0368$ par le produit $n \times \frac{g}{E}$.

II

Couple de Volta : *zinc, cuivre, eau acidulée sulfurique.*

La f. e. m. initiale de ce couple est voisine de 0,9 volt; mais elle descend rapidement jusqu'à 0,3 en court circuit.

La f. e. m. *effective*, en travail normal, dépend du régime de débit; elle se tient entre les deux valeurs citées, mais beaucoup plus près de la seconde que de la première; soit aux environs de 0,4 volt.

La réaction chimique étant :

$$SO^4H, Aq + Zn = SO^4Zn, Aq + H,$$

on dépense 1 équivalent de zinc et 1 équivalent d'acide sulfurique. L'application de la formule (2) donne, pour un travail de 3600 kilogrammètres :

$$P, \text{ poids du zinc} = \frac{9{,}81}{0{,}4} \times 1 \times 1^{gr},2 = 29^{gr},40;$$

$$P, \text{ poids de l'acide sulfurique} = \frac{9{,}81}{0.4} \times 1 \times 1{,}80 = 44^{gr},14.$$

Digitized by Google

En estimant le zinc à 0ᶠ,60 et l'acide sulfurique à 0ᶠ,15 le kilogramme, on trouve pour la dépense théorique :

Prix du zinc = 0ᵏ,029 × 0ᶠ,6	= 0ᶠ,0174
Prix de l'acide sulfurique = 0ᵏ,644 × 0ᶠ,15. . .	= 0ᶠ,0066
Total.	= 0ᶠ,0240

Dans le couple de Volta, l'attaque locale du zinc par l'eau acidulée sulfurique est très vive, surtout avec du zinc ordinaire ; de plus, la pile n'épuise pas complètement son zinc ni son acide. Le coefficient d'utilisation chimique, U_c, peut être évalué à 4 ; celui d'utilisation physique, U_p, étant 1,3, le coût pratique de 3600 kilogrammètres serait approximativement :

$$0^f,024 \times 4 \times 1,3 = 0^f,125.$$

Avec du zinc amalgamé ou, mieux encore, un alliage de zinc et de mercure, la f. e. m. gagnerait quelques centièmes, et les pertes seraient un peu moins grandes ; le coût pratique descendrait aux environs de 0,09 pour 3600 kilogrammètres, soit :

$$0^f,09 \times 75 = 6^f,75 \text{ par cheval-heure.}$$

Ce prix de revient très élevé, joint à l'inconvénient d'un dégagement d'hydrogène abondant, exclut les couples de Volta de la pratique courante. Pourtant, il ne faudrait pas se hâter de conclure à l'abandon complet et définitif des piles zinc-cuivre-eau acidulée. Bientôt je ferai connaître un ensemble de perfectionnements au couple de Volta, qui élève sa f. e. m. *effective* et diminue les actions locales de manière à réduire sa dépense pratique des trois quarts ; alors, il sera le plus économique des couples connus.

III

Piles du genre Daniell : *zinc, sulfate de zinc-cuivre, sulfate de cuivre.*

La f. e. m. de ces couples varie de 1,02 volt à 1,08 volt, selon la composition des liqueurs : en moyenne, 1,05 volt.

La réaction chimique finale se formule ainsi :

$$SO^4Cu, Aq + Zn = SO^4Zn, Aq + Cu.$$

Digitized by Google

Elle engage 1 équivalent de zinc, 1 équivalent de sulfate de cuivre, et libère 1 équivalent de cuivre. D'où :

$$P, \text{ poids du zinc} = \frac{9,81}{1,05} \times 1 \times 1^{gr},2 = 11^{gr},21;$$

$$P, \text{ poids du sulfate de cuivre} = \frac{9,81}{1,05} \times 1 \times 4,59 = 42^{gr},88;$$

$$P, \text{ poids du cuivre libéré} = \frac{9,81}{1,05} \times 1 \times 1,17 = 10^{gr},93.$$

Le cours moyen du sulfate de cuivre ordinaire cristallisé est environ $0^{f},55$ à Paris. Le cuivre recueilli, de bonne qualité, vaudrait $1^{f},50$ le kilogramme; mais il convient de ne l'estimer qu'à $0^{f},60$ à cause des pertes, des manipulations et de la dépréciation de l'électrode en cuivre qu'il faut abandonner avec le dépôt. La dépense théorique de la pile, pour 3600 kilogrammètres, est donc :

Zinc $0^{k},0112$ à $0^{f},60$.	$= 0^{f},00672$
Sulfate de cuivre $0^{k},428$ à $0^{f},55$	$= 0^{f},02354$
Total.	$= 0^{f},03026$

dont il faut déduire :

Cuivre $0^{k},0109$ à $0^{f},60$.	$= 0^{f},00654$
Reste, net.	$0^{f},02372$

Les couples du genre Daniell usent leur sulfate de cuivre jusqu'à décoloration complète; et si la pile travaille sans interruption, les actions locales sont peu importantes; aussi la valeur de U_c n'est elle pas supérieure à 1,5.

La dépense pratique pour 3600 kilogrammètres serait donc :

$$0^{f},024 \times 1,3 \times 1,5 = 0^{f},047;$$

soit, pour un cheval-heure :

$$0^{f},047 \times 75 = 3^{f},52.$$

PILES AU VERT-DE-GRIS.

Les doreurs appellent *eau-forte* un bain d'acide nitrique dans lequel ils décapent le cuivre et ses alliages. Quand l'eau-forte est à peu près saturée de cuivre, *elle ne mord plus*. On la régé-

Digitized by Google

nère alors par une addition d'acide sulfurique, qui met l'acide nitrique en liberté en formant un sulfate de cuivre impur, improprement appelé *vert-de-gris*.

La composition du vert-de-gris est un peu variable. Voici les résultats d'une analyse faite par M. *Van Heurck* sur un échantillon d'origine parisienne.

Eau vaporisable à 1[illegible] C. (humidité et eau de cristallisation).	31,40
Matières volatiles au rouge (eau de combinaison et un peu d'acide nitrique).	9,10
Oxyde de cuivre.	30,20
Acide sulfurique par différence.	29,30

Le sulfate de cuivre normal contient :

Eau	36,30
Oxyde de cuivre.	32,32
Acide sulfurique	31,38

L'industrie parisienne produit annuellement plus de 100 000 kilogrammes de vert-de-gris, qui est vendu 40 pour 100 moins cher que le sulfate de cuivre ordinaire. Le vert-de-gris peut donc, à Paris, être avantageusement employé dans les piles du genre Daniell, d'autant mieux que les impuretés augmentent la conductibilité du liquide. Par cette substitution, la dépense théorique pour 3600 kilogrammètres devient .

Zinc $0^k,0112$ à $0^f,6$.	$= 0^f,00672$
Vert-de-gris $0^k,043$ à $0^f,32$	$= 0^f,01376$
Total.	$= 0^f,02048$

dont il faut déduire :

Cuivre $0^k,0109$ à $0^f,6$.	$= 0^f,00654$
Reste, net.	$0^f,01394$

Et la dépense pratique (en augmentant un peu la valeur de U_e, à cause des impuretés du vert-de-gris) :

$$0^f,01394 \times 1,3 \times 1,6 = 0^f,029 ;$$

soit pour un *cheval-heure* :

$$0^f,029 \times 75 = 2^f,17.$$

La pile au vert-de-gris est *actuellement* la moins coûteuse des piles. Montée avec mes *zincs cloisonnés*, et pourvue d'un agence-

Digitized by Google

ment convenable, elle a pu se prêter commodément à quelques applications pratiques[1]. Néanmoins, elle est encore assez imparfaite pour laisser désirer quelque chose de meilleur.

IV

PILES AU BICHROMATE DE POTASSE.

La f. c. m. moyenne des piles au bichromate de potasse est 1,9 volt.

On admet généralement que l'ensemble des réactions chimiques effectuées dans ces piles est donné par la formule :

$$3\,Zn + KO, 2\,CrO^3 + 7\,SO^4H = 3\,SO^4Zn + Cr^2O^3, 3\,SO^3 + SO^4K + 7\,HO.$$

Par conséquent les valeurs de n seraient : 1 pour le zinc, $\frac{1}{3}$ pour le bichromate et $\frac{7}{3}$ pour l'acide sulfurique. On trouve :

$$P, \text{ poids du zinc} = \frac{9,81}{1,9} \times 1 \times 1,2 = 6^{gr},19;$$

$$P, \text{ poids de l'acide sulfurique} = \frac{9,81}{1,9} \times \frac{7}{3} \times 1,80 = 21^{gr},68;$$

$$P, \text{ poids du bichromate} = \frac{9,81}{1,9} \times \frac{1}{3} \times 5,43 = 9^{gr},34.$$

En cotant le bichromate de potasse à 1f,40 le kilogramme, le prix de revient de 3600 kilogrammètres est théoriquement :

Zinc $0^k,0062 \times 0f,6$	$= 0f,00372$
Acide sulfurique $0^k,0217 \times 0f,15$	$= 0f,00325$
Bichromate $0^k,0094 \times 1f,4$	$= 0f,01316$
Total.	$= 0f,02013$

En fait, l'usure du zinc est au moins deux fois plus grande que la consommation théorique[2], avec une usure de liquide correspondante. Et comme on ne peut pas épuiser complètement le

[1] Voy. *la Nature* du 1er avril 1883.

[2] Voy. les expériences de M. E. Hospitalier sur les piles au bichromate de M. Trouvé, dans l'*Électricien* du 1er mai 1883.

Digitized by Google

liquide ni user tout le zinc, qui doit d'ailleurs être réamalgamé fréquemment, il convient de porter à 3 la valeur de U_e. Le prix de revient pratique, pour 3600 kilogrammètres, serait donc environ :

$$0^f,02 \times 1,3 \times 3 = 0^f,078;$$

soit, pour un cheval-heure :

$$0^f,078 \times 75 = 5^f,85.$$

Prix très élevé; encore faudrait-il, en bonne comptabilité, tenir compte, ici et ailleurs, de la main d'œuvre, de l'entretien et de l'amortissement, dépenses accessoires qui sont plus importantes pour les couples au bichromate que pour les autres.

Ainsi, malgré la faveur dont elles jouissent auprès des amateurs, les piles à mélange chromique sont des générateurs d'énergie fort coûteux, et cela n'est pas leur unique défaut. On ne pourrait les appliquer à l'éclairage ou à la locomotion qu'à la condition de produire ou de régénérer les bichromates alcalins à très bas prix, et d'atténuer considérablement l'importance des réactions parasites.

V

Il serait intéressant de déterminer les prix de revient du travail sur d'autres piles telles que celles de Leclanché, de Bunsen, de d'Arsonval, de Tommasi; mais les réactions chimiques effectuées dans ces couples étant incomplètement connues, leur dépense ne peut pas être évaluée par le calcul. Il est temps, d'ailleurs, de clore ce trop long article que chacun pourrait aisément compléter au besoin.

Étant donné le prix de revient du kilogrammètre, il est facile d'évaluer approximativement la dépense de tel ou tel récepteur électrique, lampe, moteur, etc. Je laisse au lecteur le soin de faire ces calculs pour les applications qui l'intéressent, et d'en tirer des conclusions.

ÉMILE REYNIER.

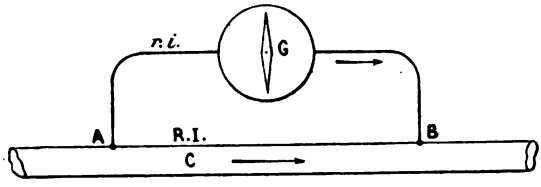
Digitized by Google

MESURE DES FAIBLES RÉSISTANCES

Les machines dynamo-électriques, ainsi que les conducteurs employés généralement pour l'électrométallurgie n'offrent que des résistances très faibles, et quand il s'agit de mesurer ces résistances qui ne sont parfois que de quelques millionièmes d'ohm, les méthodes ordinaires deviennent très compliquées et presque impraticables.

Voici une méthode indirecte et très simple qui n'a rien de nouveau, mais qui m'a néanmoins rendu d'excellents services et pourra, je crois, être utile aux électriciens toujours plus nombreux qui s'occupent d'électrométallurgie.

Supposons qu'on veuille mesurer la résistance R d'un gros conducteur entre les points A et B, ce conducteur étant traversé par un courant d'une intensité connue I.



On applique aux deux points A et B les deux fils d'un galvanomètre G gradué très exactement en fractions d'ampère. La résistance r du circuit AGB a été déterminée une fois pour toutes; i étant l'intensité du courant de dérivation mesurée au galvanomètre, on a, d'après les lois de Kirchhoff, dans le circuit fermé ACBG :

$$RI - ri = 0;$$

d'où :

$$R = \frac{ri}{I}.$$

On n'a donc ici qu'à mesurer des intensités, ce qui n'offre aucune difficulté.

Je dois ajouter que l'intensité I entre les points A et B n'étant

Digitized by Google

pas absolument la même que dans le reste du circuit principal on devrait, pour bien faire, la mesurer entre ces points A et B. Toutefois la résistance de ce conducteur étant insignifiante comparativement à celle du circuit de dérivation, on peut se contenter de prendre sans aucune correction et sans erreur appréciable l'intensité mesurée en un point quelconque du circuit principal.

Voici quelques exemples pris au hasard parmi les nombreuses mesures que j'ai été appelé à faire par cette méthode :

1° Gros conducteur en cuivre de 25 centimètres carrés de section.

$$I = 937 \text{ ampères.}$$
$$i = 0{,}00145 \text{ ampère.}$$
$$r = 100 \text{ ohms;}$$

d'où l'on tire :

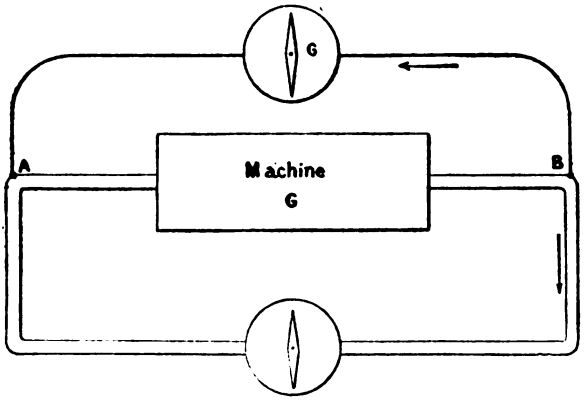
$$R = 0{,}000155 \text{ ohm.}$$

2° Raccord de 2 conducteurs dans un godet de mercure.

$$I = 942 \text{ ampères.}$$
$$i = 0{,}00011 \text{ ampère.}$$
$$r = 100 \text{ ohms;}$$

d'où l'on tire :

$$R = 0{,}0000116 \text{ ohm.}$$



3° Résistance intérieure d'une machine en marche [1].

Il nous faut ici modifier la formule précédente parce que, dans

[1] Puissante machine électrolytique à double circuit construite par la Société génevoise de constructions mécaniques à Genève et donnant 5000 ampères et 4,5 volts.

Digitized by Google

le circuit à mesurer, il y a une force électromotrice E (force électromotrice de la machine) dont nous devons tenir compte, et qu'en outre les intensités I et i sont toutes deux prises dans le même sens et deviennent par conséquent positives dans la formule.

Nous avons donc dans le circuit ACBG :

$$RI + ri = E,$$

d'où :

$$R = \frac{E - ri}{I}.$$

EXPÉRIENCE *a*.

a E = 2,1 volts.
I = 1150 ampères.
i = 0,011 ampère.
r = 100 ohms.

R = 0,00087 ohm.

EXPÉRIENCE *b*.

b E = 3,6 volts.
I = 1680 ampères.
i = 0,017 ampère.
r = 100 ohms.

R = 0,00113 ohm.

L. LOSSIER.

SOCIÉTÉ DES ÉLECTRICIENS

La première réunion du Comité d'organisation a eu lieu le samedi 7 juillet, à deux heures, au Ministère des Postes et des Télégraphes, sous la présidence de M. Georges Berger. Après la lecture des projets de statuts préparés par une commission d'initiative, l'assemblée a décidé de confier l'étude de ces statuts à une commission chargée de présenter un rapport à l'assemblée générale qui se tiendra après les vacances au mois d'octobre 1883.

Nous reviendrons prochainement sur le but et l'organisation de cette Société.

Digitized by Google

LE PREMIER TÉLÉPHONE

PAR M. LE PROFESSEUR SILVANUS P. THOMPSON

Le 12 mai 1862 une foule nombreuse se pressait dans une vieille salle de la ville de Francfort sur-le-Mein, curieuse de voir et d'entendre la dernière invention scientifique présentée par son inventeur. L'occasion était une réunion de l'Institut allemand libre (*Freies Deutscher Hochstift*), sorte de société littéraire et philosophique qui, depuis, a établi son siège dans la maison historique qui donna le jour à Gœthe. L'invention qui attirait l'attention publique était le téléphone. L'inventeur était Philippe Reis, professeur de sciences naturelles à l'Institut Garnier, florissante école de jeunes gens à Friedrichsdorf, près de Hambourg.

Le téléphone avait d'ailleurs été présenté une fois au public le 22 octobre de l'année précédente à une réunion de la Société de physique de Francfort.

Dans le journal de la Société (*Jahresbericht der Physikalischen Vereins zu Frankfurt am Main*) de 1860-1861, page 57, se trouve le mémoire de Reis sur ce sujet, sous le titre : *Sur la téléphonie par le courant galvanique.* Dans ce mémoire d'une remarquable précision, et dans lequel on trouve une connaissance de sujet qui excite l'admiration et l'étonnement, on lit le passage suivant : « J'ai réussi à construire un appa-« reil avec lequel je suis en mesure de reproduire les tons des divers « instruments et jusqu'à un certain degré, la voix humaine. » Plus loin il ajoute : « Puisque la longueur du fil peut être étendue dans ce « but aussi loin que dans la télégraphie directe, je donne à mon « appareil le nom de *téléphone.* » Vers la fin du mémoire, il déclare que, jusqu'ici, il n'a pas été possible de reproduire les tons de la voix humaine avec une distinction suffisante pour satisfaire tout le monde ; et il ajoute : « Les consonnes sont en grande partie reproduites avec une netteté tolérable, mais les voyelles ne le sont pas encore à un égal degré. » L'auteur du mémoire a été amené à son invention par une suite remarquable de raisonnements. Il cherchait un instrument pour transmettre électriquement tout ce que l'oreille humaine pouvait entendre. Il prit alors l'oreille humaine comme modèle. « Comment, se demande-t-il, un seul instrument pourra-t-il reproduire à la fois les actions totales de tous les organes qui entrent en jeu dans la voix humaine? » C'était là, en effet, le point capital. Il arrive alors, par

Digitized by Google

hasard, à transformer la question : Comment notre oreille peut-elle percevoir les vibrations totales (ou résultantes) de tous les organes qui opèrent simultanément dans la parole?

Il décrit alors le fonctionnement de l'oreille comme récepteur de son, faisant ressortir comment s'exécutent les mouvements et s'exercent les forces en raison des condensations qui se produisent dans le milieu conducteur du son, et en raison de l'amplitude des vibrations du tympan. Après avoir établi cette loi de proportion entre la cause et l'effet, il parle des moyens graphiques de représenter ces forces variables par des courbes, comme les ondulations : il déclare énergiquement que l'oreille est absolument impuissante à percevoir autre chose que ce que ces courbes expriment. Après avoir donné des exemples de courbes ondulatoires correspondant aux sons musicaux et aux sons discordants, il fait la remarque significative suivante : « Aussitôt qu'il « sera possible, en un lieu quelconque et d'une manière quelconque, « de produire des vibrations dont les courbes seront semblables à « celle d'un ton donné, ou d'une combinaison de tons donnée, nous « recevrons la même impression que celle qu'aurait produit le ton ou « la combinaison de tons eux-mêmes. En partant de ces principes, « j'ai réussi à construire un appareil, etc. » Il termine son mémoire en disant que le phonautographe alors nouvellement inventé par Duhamel pourra peut-être apporter la certitude de la justesse de ses vues sur la concordance entre les sons et leurs courbes.

L'appareil présenté à la Société de Francfort en 1861 est actuellement entre mes mains; je possède aussi momentanément un téléphone d'expérience de date plus ancienne encore construit par Reis, sous la forme d'une oreille humaine[1]. Cet appareil intéressant est représenté dans son état actuel (fig. 1, 2, 3) et en coupe (fig. 4).

Il est construit en chêne; il n'existe plus que quelques fragments de la membrane qui formait le tympan. Contre le centre du tympan se trouve encore le bout inférieur d'un petit levier courbé formé d'un fil de platine et qui représentait le marteau de l'oreille humaine: ce levier courbé était fixé au tympan par une petite goutte de cire à cacheter, de façon à obéir à tous ses mouvements. Il pivotait autour de son centre sur un fil transversal auquel il était soudé et qui lui servait d'axe: le bout extérieur du levier courbé restait en contact avec l'extrémité d'un ressort vertical d'environ 25 millimètres de longueur portant une légère lame de platine. Une vis de réglage permettait de régler le contact entre le ressort vertical et le levier courbé.

[1] Cet instrument appartient à M. Léon Garnier, directeur de l'institut Garnier à Friedrichsdorf, près de Hambourg, où Philip Reis était d'abord professeur des sciences naturelles.

Digitized by Google

Les fils conducteurs étaient reliés à des vis en communication avec le support du levier en platine et le ressort vertical. Une lampe de platine faisant ressort pressait contre l'axe du levier courbe, comme on le voit sur la figure 5 très agrandie, pour assurer un bon contact électrique.

En émettant des paroles ou des sons devant cette oreille, le tympan vibrait; le levier courbé exécutait les mêmes mouvements ; il en résultait que le contact entre le levier et le ressort variait. A chaque raréfaction de l'air devant la membrane, le contact devenait plus in-

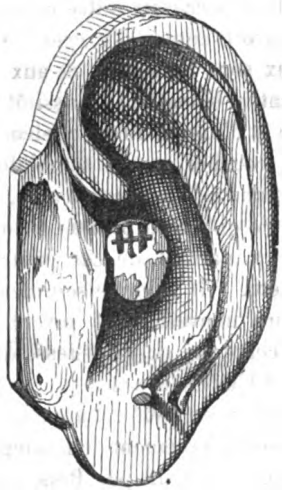


Fig. 1.

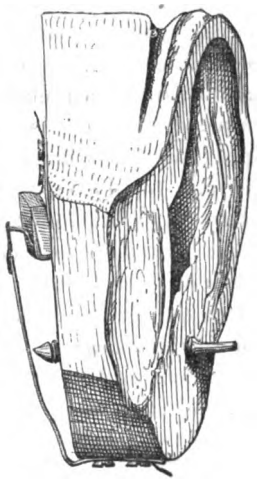


Fig. 2.

Fig. 1 et 2. — Vue de face et vue latérale de l'*oreille* de Reis.

time et livrait passage à un courant plus intense ; chaque condensation de l'air produisait l'effet inverse. Les vibrations transmises par l'air transformaient le courant qui traversait le contact variable en courants ondulatoires. Reis appelait le contact de son téléphone un *interrupteur*. Il n'avait cependant pas pour but de produire un grossier appareil d'ouverture et de fermeture du circuit, comme quelques personnes l'ont cru par erreur : 1° parce que l'inventeur y avait introduit des ressorts délicats pour donner un contact continu (comme dans le transmetteur bien connu de Blake), et pour empêcher ainsi des ruptures brusques de circuit ; 2° parce que des ruptures brusques seraient en contradiction avec le principe fondamental qui précède la description de son appareil dans la note présentée à la Société de physique de

Digitized by Google

Francfort, principe qui consiste à créer des tons dont les courbes soient semblables aux courbes ondulatoires produites sur le transmetteur de l'appareil; 3° parce que, dans un autre article, il décrit ses appareils comme ouvrant et fermant le circuit en proportion de l'onde sonore, ce qu'un simple interrupteur sans contact à ressort ne pourrait réaliser. Le mécanisme inventé par Reis, et qu'on retrouve dans tous ses appareils, peut être considéré comme la combinaison d'un tympan avec un régulateur de courant électrique ; le principe essentiel de ce régulateur électrique étant l'emploi d'un contact imparfait entre les

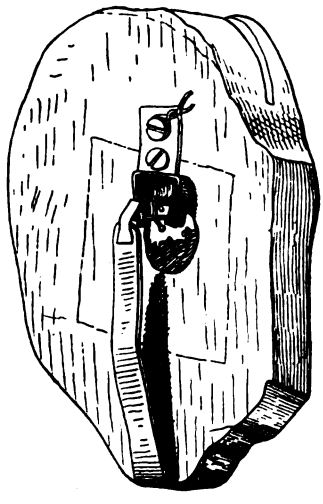


Fig. 3.

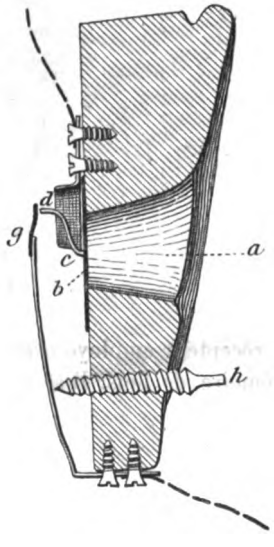


Fig. 4.

Fig. 3 et 4. — Vue postérieure et coupe transversale de l'*oreille* de P. Reis.

deux parties du système conducteur, ces deux parties sont disposées pour que les vibrations du tympan altèrent le degré de contact et fassent varier la résistance offerte au point de contact au passage du courant.

La forme particulière de l'instrument montré à Francfort en 1861 diffère quelque peu de l'*oreille*. En voici la description et la forme d'après le journal de Francfort :

« Dans un cube de bois (fig. 6) se trouve un trou conique *a* fermé à l'une de ses extrémités par une membrane *b* (formée d'une vessie de porc); en son milieu se trouve fixée une petite bande de platine qui sert de conducteur au courant ; elle est reliée à la borne *p*. De la borne *n* part une petite lame métallique qui va jusqu'au milieu de la membrane et se termine par un petit fil de platine qui repose sur

Digitized by Google

la lame de platine. De la borne *p* un fil conducteur va en traversant la pile jusqu'à une station éloignée. » Il y a dans l'appareil original une vis de réglage qui n'est pas représentée dans le journal.

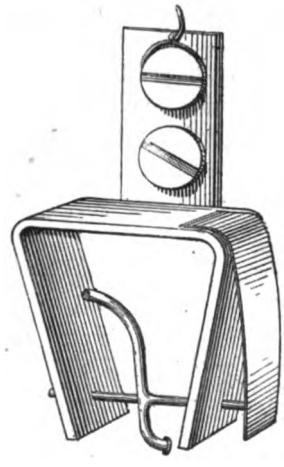


Fig. 5. — Détail du contact.

Le récepteur employé avec ces transmetteurs est aussi décrit dans le mémoire de Reis. Il se composait d'une aiguille d'acier entourée

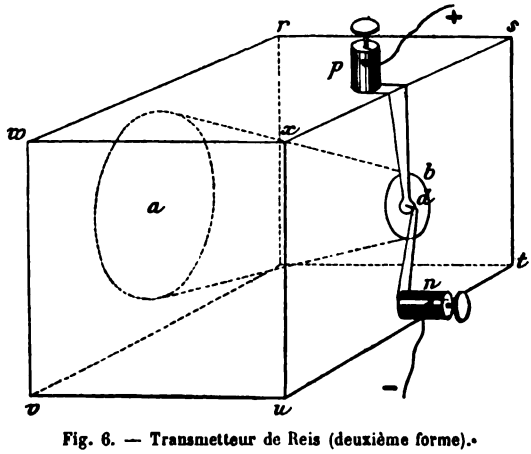


Fig. 6. — Transmetteur de Reis (deuxième forme).

d'une bobine de fil. Dans le but d'augmenter le son par résonnance, ce récepteur était placé tout d'abord sur un violon (fig. 7); plus tard il le disposa sur une caisse en bois de sapin (fig. 8) à laquelle il ajouta plus tard un couvercle en sapin mince contre lequel l'auditeur venait

Digitized by Google

appliquer son oreille. Les sons émis par une semblable aiguille pendant l'aimantation et la désaimantation étaient bien connus avant lui, mais on doit à Reis la découverte du fait qu'on pouvait faire rendre électriquement au fil d'autres sons que ceux qui correspondent à des vibrations simples, en faisant varier la puissance d'aimantation du courant traversant la bobine qui l'entoure. Reis expliquait la reproduction des sons transmis en supposant une attraction magnétique

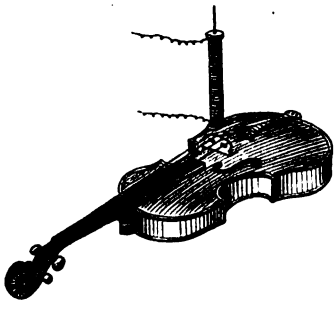


Fig. 7.

entre les atomes du fil d'acier, attractions variant synchroniquement avec les variations du courant. Il combina plus tard un récepteur différent dans lequel un électro-aimant agissait sur une armature de fer montée sur un support élastique formée d'un levier large et léger. Avec cet appareil et un transmetteur à petit levier courbé analogue à celui de l'oreille il put, (voy. *Kuhn. Handbuch der Angewandten Elektri-*

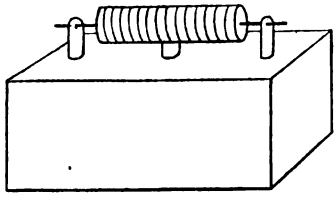


Fig. 8. — Récepteurs de Reis.

citätslehre, 1866, p. 1021) reproduire non seulement des mélodies avec une exactitude étonnante, et des syllabes en parlant ou en lisant très distinctement, mais encore transmettre les inflexions de la voix exprimant une surprise, un commandement, une interrogation, etc.

Lorsqu'on considère le point avancé auquel ces premières recherches ont été amenées, on s'étonne que leur valeur historique ait été si longtemps méconnue. Les transmetteurs imaginés par Reis embrassent,

Digitized by Google

— bien que leurs dispositions mécaniques soient moins parfaites et leur fonctionnement, en conséquence, moins certain, — tous les principes essentiels des transmetteurs téléphoniques aujourd'hui en usage. Les récepteurs, et, en particulier, la seconde forme, présentent par anticipation tous les principes essentiels qu'on retrouve dans la forme la plus moderne et la plus pratique du récepteur de Graham Bell, car on y trouve un électro-aimant combiné avec une armature susceptible d'une action inductive, c'est-à-dire en fer, montée sur un support élastique et présentant une surface étendue. Bell a réalisé un très grand perfectionnement en réunissant ces trois qualités essentielles à une armature en une seule en employant une plaque de fer mince et flexible. Il est juste d'ajouter en faveur des derniers inventeurs que Bell et Édison ont explicitement reconnu la priorité des travaux de Reis, et que Bell a même indiqué les pages de l'ouvrage de Kuhn que nous avons citées tout à l'heure.

La renommée faite à la brillante invention de Reis fut, sinon de longue durée, du moins brillante. Il fut élu membre honoraire de la *Freies Deutscher Hochstift*, et son téléphone servit de sujet à un grand nombre de conférences. Le professeur Buff et le professeur Böttger montrèrent l'instrument dans maintes occasions. En septembre 1863, la paire d'instruments présentée par Reis à Francfort fut montrée à l'empereur d'Autriche François-Joseph et au roi Max de Bavière à l'occasion de leur visite à la maison de Gœthe. En 1864 Reis montra son téléphone à la *Naturforscher Versammlung*, en présence des physiciens les plus distingués de l'Allemagne. Une discussion survenue entre Reis et Poggendorff fit que le mémoire de Reis ne fut pas publié dans les *Poggendorff's Annalen der Physik*. Le professeur Quincke, qui fit des expériences à cette époque avec Böttger, affirme qu'il n'était pas difficile de comprendre les mots transmis par l'instrument. Deux causes contribuèrent à laisser si longtemps dans l'oubli une découverte aussi surprenante : la mauvaise santé de l'inventeur et l'indifférence avec laquelle le monde commercial allemand considérait cette grande invention. Là où Reis entrevoyait un avenir immense ouvert par un nouveau mode de communication, d'autres ne voyaient qu'un jouet de physique ingénieux ou, tout au plus, une démonstration amusante de certains principes bien connus d'acoustique et d'électricité.

Un très petit nombre seulement de journaux politiques de cette époque parlent de cette invention en termes élogieux ; ils en signalent l'emploi à une conversation entre amis éloignés et à la transmission téléphonique de la musique d'un seul orchestre dans plusieurs villes à la fois. L'invention était venue trop tôt, l'esprit du public n'était pas encore préparé à l'accueillir, et l'enthousiasme tomba presque aussitôt.

Digitized by Google

Reis était un esprit trop avancé pour son époque. Il s'était construit en 1861 un vélocipède de sa propre invention pour son usage personnel. Il avait aussi inventé un système pneumatique (une balle en caoutchouc que l'on pressait avec le pied) pour tourner les feuillets d'un cahier de musique ; et il avait appliqué le même principe pour manœuvrer l'obturateur d'un appareil photographique. Il construisit un météorographe enregistreur qui traçait sur un cylindre unique la direction et la pression du vent, la quantité de pluie tombée, la pression barométrique, la température et le degré hygrométrique de l'atmosphère. Ce météorographe, ainsi qu'une machine à gravitation tenant à la fois des machines d'Atwood et de Morin, existe encore à Friedrichsdorf. Entre autres recherches, Reis a étudié l'électricité radiante, mais on ne possède aucun document sur ces travaux : on sait seulement qu'ils ont tracé les grandes lignes suivies depuis avec succès par Crookes, Holtz et Righi.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE A LONDRES. — L'éclairage électrique, à Londres, est en voie d'adoption sérieuse. A l'apathie traditionnelle du caractère anglais pour tout ce qui est nouveau et doit, par conséquent, amener un changement quelconque à la bienheureuse routine, a succédé une période d'affaires sérieuses, résultat d'observations et d'expériences faites avec le calme et la persévérance non moins traditionnels avec lesquels l'Anglais, non enthousiaste, sait envisager une affaire, la développer et la faire valoir à ses fins lorsqu'il y trouve intérêt.

Les quais de la Tamise et le pont de Waterloo sont, comme on le sait, éclairés depuis quatre ans et demi au moyen du système Jablochkoff, grâce à l'initiative du *Metropolitan Board of Works*, cet éclairage exigeant l'emploi de soixante foyers ; les principales artères de la City sont éclairées depuis plus de deux années, avec différents systèmes d'éclairage électrique et de gaz perfectionné, grâce à l'initiative de la Corporation de la City de Londres. Après avoir essayé du système Jablochkoff dans la halle aux poissons de Billingsgate et sur le viaduc d'Holborn, la Corporation a fait installer, à titre d'essai, le système Siemens sur le pont de Londres (London Bridge) et dans plusieurs rues ; le système Weston sur le pont de Southwark et dans plusieurs artères importantes ; le système Brush sur le pont de Blackfriars et dans plusieurs rues ; les becs à gaz intensifs Siemens dans la grande voie con-

Digitized by Google

tinuant Holborn Viaduct et qui s'appelle High Holborn ; sur le viaduc d'Holborn lui-même, le système Édison a été établi et fonctionne depuis tantôt deux années ; les becs à gaz perfectionnés, systèmes Bray et Sugg, ont été installés dans Fleet Street, le Strand, et autres quartiers fréquentés. La bibliothèque du *British Museum* est éclairée régulièrement, depuis plus de trois années, par des foyers Siemens ; une partie du splendide et riche musée de South Kensington est éclairée, grâce à l'esprit d'initiative du colonel Festing, l'un des directeurs dudit musée, depuis près de trois ans, par trente-deux foyers Brush ; dix foyers Pilsen ont, il y a quelque temps, ainsi qu'un certain nombre de foyers à incandescence, été ajoutés à cet éclairage ; tout récemment enfin, quarante lampes-soleil ont été installées dans les galeries de peinture de cet établissement. Le Savoy-Théâtre est exclusivement éclairé, depuis deux ans, au moyen d'un nombre de lampes à incandescence, originairement d'environ 1200, actuellement d'environ 1500 ; les nouvelles cours de justice, récemment inaugurées, sont éclairées, d'une manière permanente, au moyen de cinq cents foyers à incandescence et un certain nombre de foyers à arc ; j'en passe et des meilleurs. Le spectacle de la réussite d'une industrie dans un pays où tout se coalise pour en retarder le progrès : apathie naturelle du caractère anglais pour les innovations et antipathie pour leur adoption ; immenses intérêts engagés dans l'industrie toute-puissante du gaz ; enfin bon marché excessif du charbon et du gaz, rendant au nouvel illuminant la tâche difficile, un pareil spectacle, dis-je, est d'un grand enseignement, et un pareil peuple, s'il a de grands défauts, a aussi de grands mérites.

L'ÉCLAIRAGE A L'INCANDESCENCE DE HOLBORN VIADUCT, PAR LE SYSTÈME EDISON. — RAPPORT DU COLONEL HAYWOOD. — Le 5 juin dernier, le lieutenant colonel Wiliam Haywood, ingénieur des *City Sewers Commissioners* de la Corporation de la City de Londres, soumettait au Comité des rues de ladite Corporation son rapport sur l'éclairage électrique du viaduc d'Holborn, par le système Edison. Voici les points les plus importants de ce rapport. Le 29 octobre 1881, la compagnie Edison, par l'intermédiaire de son représentant à Londres, offrait à la Corporation d'éclairer le viaduc à ses frais pendant trois mois, à partir du 1er février 1882, à condition qu'il lui soit permis d'éclairer les particuliers longeant cette voie publique.

L'inauguration n'eut lieu que le 24 avril 1882 et à l'expiration de la période de trois mois, la compagnie Edison demanda à être autorisée à éclairer la voie publique pendant une autre période de six mois, au prix du gaz ; l'autorisation fut accordée, et ce nouveau contrat prit fin le 24 janvier 1883. A cette époque, un renouvellement, ou prolonga-

Digitized by Google

tion, fut consenti pour une autre période de douze mois, aux mêmes conditions, la Commission se réservant le droit de résilier le contrat en notifiant son intention trois mois d'avance.

Le viaduc est maintenant éclairé dans ces conditions. Le rapport embrasse une période d'une année, du 24 avril 1882 au 24 avril 1883.

Station et conducteurs. — La station est établie dans une maison du viaduc, au numéro 57, où sont installées deux machines dynamo, système Edison, l'une pouvant alimenter 1000, et l'autre 1200 lampes de 16 candles. Chaque machine est actionnée directement par un moteur type *Porter-Allen* d'une puissance de 140 chevaux indiqués.

Une troisième machine dynamo de 1200 foyers, commandée par un moteur analogue, a été installée dans un bâtiment adjacent et fonctionne actuellement.

Une quatrième machine dynamo, de 250 lampes et commandée par un moteur *Armington and Sims*, a aussi été établie et produit le courant nécessaire aux consommateurs pendant le jour.

Les conducteurs sont posés dans la voie souterraine existant sous le viaduc. Ils sont formés de barres solides de cuivre, ayant une section semi-circulaire, noyées dans une matière isolante, le tout étant renfermé dans un tuyau en fer. Les branchements, ou prises de courant, sur la conduite principale, sont en câbles et fils isolés.

Lampes. — Les lampes électriques sont du type bien connu sous le nom de lampes Edison.

Nombre de lampes et mode d'installation. — Au commencement le nombre de lampes à incandescence était de 176, dont 156 de 16 candles et 20 de 8 candles chaque ; deux lampes de 16 candles étaient placées dans chaque reverbère, et des groupes de huit lampes de 8 candles dans d'autres endroits.

Cette disposition fut modifiée en août 1882, une seule lampe de 16 candles étant substituée, dans chaque reverbère, aux deux qui s'y trouvaient précédemment.

Les candélabres à cinq branches, placés sur les refuges, ont été enlevés pour faire place à de larges réverbères de forme octogonale, munis de réflecteurs et contenant huit lampes de 16 candles ; à l'exception de ces candélabres à cinq branches, les reverbères à gaz existants ont été utilisés partout, les lampes étant disposées de manière à pouvoir être facilement enlevées et replacées. Cette disposition permettait d'enlever rapidement les lampes électriques, et d'allumer promptement le gaz, dans le cas d'accident à l'éclairage électrique.

Le nombre total des foyers est, actuellement, de quatre-vingt-douze, soixante-quatre se trouvant sur le viaduc même et autour de la statue du prince-consort, seize dans les candélabres à cinq branches

Digitized by Google

et douze dans les escaliers conduisant à la rue passant sous le viaduc.

Six cent cinquante-trois foyers sont installés dans les maisons particulières longeant le viaduc, ce qui porte le total à 745 lampes. La longueur totale de la voie ainsi éclairée est de 425 mètres, et la surface éclairée d'environ 10 000 mètres carrés, chaque lampe à incandescence illuminant une surface d'environ 130 mètres carrés.

Comparaison des pouvoirs éclairants des lampes à incandescence et du gaz. — Chacun des 86 becs de gaz remplacés donnait, avec une consommation de 135 litres à l'heure, un pouvoir lumineux de 14 candles.

La puissance lumineuse des deux systèmes est donc dans la proportion de $92 \times 16 = 1472$ candles pour l'électricité à $86 \times 14 = 1204$ candles pour le gaz, c'est-à-dire que l'éclairage électrique est, comparé au gaz, plus intense dans le rapport de 1,22 à 1.

Coût. — Le coût est de 9689^{fr},10 par année, somme égale à celle payée pour l'éclairage au gaz; le prix de revient par lampe et par an, étant, par conséquent, de 105^{fr},30.

Défauts dans l'éclairage. — D'après les renseignements fournis par la police et les explications données par la compagnie Edison à laquelle les rapports journaliers étaient régulièrement soumis pour qu'elle puisse y consigner ses observations, sur 176 lampes à incandescence ayant fonctionné (deux lampes dans la majorité des 86 réverbères et plusieurs groupes de huit lampes), depuis le 24 avril jusqu'à fin août 1882 et représentant, au taux de 1052 heures qu'elles étaient chacune supposé brûler, un éclairage équivalant à 185 152 heures d'une lampe simple, et sur 92 lampes supposées brûler chacune 3228 heures et représentant, pour la période de douze mois, un éclairage équivalant à 296 976 heures d'une lampe simple, le total général étant de 482 128 heures d'éclairage d'une lampe simple, le nombre total d'accidents a été de 815 en comptant chaque accident chaque nuit séparément; leur durée totale a été égale à 1515 heures d'une lampe simple ou environ 0,3 pour 100 de l'éclairage total pour les douze mois. L'on peut dire, d'une manière générale, qu'un accident d'une durée plus ou moins longue s'est présenté dans la proportion de 1,17 lampes par nuit, sur les 176 lampes en opération pendant la première partie de l'année, et de 2,80 par lampe par nuit, sur les 92 lampes en opération pendant le reste de l'année.

Les principaux accidents paraissent devoir être attribués à des défauts dans les machines et, la plupart, à des filaments défectueux dans les lampes.

Le lieutenant colonel Haywood termine en faisant remarquer que ceci est la première expérience d'éclairage électrique au moyen de

Digitized by Google

lampes à incandescence sur la voie publique, tous les essais précédents ayant eu lieu au moyen de lampes à arc de grande puissance et placées à des intervalles considérables.

La lumière à arc, dit-il, peut convenir pour l'éclairage de grands espaces, et son intensité considérable, presque aveuglante, a contribué à attirer sur elle l'attention du public; mais la perfection de l'éclairage public consiste dans la distribution égale de la lumière sur la surface des rues, résultat qu'on peut atteindre avec l'arc voltaïque. Si l'intensité des foyers à arc pouvait être réduite et leur nombre augmenté, tout en diminuant la distance qui les sépare, l'objection contre leur emploi serait naturellement moindre; mais, jusqu'à ce que cela soit fait, le système à arc n'est pas un aussi bon mode d'éclairage des voies publiques que le gaz ou la lumière électrique par incandescence.

La lampe-soleil au South Kensington Museum. — La Compagnie anglaise de la Lampe-Soleil a traité, en avril dernier, avec l'administration du South Kensington Museum, pour l'installation, dans une série de galeries de peinture et autres, de quarante foyers électriques de son système.

L'installation, entreprise au commencement du mois de mai, a été terminée à la fin de juin, et, le 29 de ce mois, un groupe d'invités était convoqué à une expérience privée qui eut lieu avec le plus grand succès. Quarante foyers, chacun d'une puissance lumineuse estimée à 1200 candles, sont distribués de la manière suivante : cinq dans chacune des deux salles dans lesquelles la collection d'objets d'art léguée à la nation anglaise par M. Jones est exposée, dimensions de chaque salle 32^{m} sur 6^{m},25, total 10 foyers; 4 dans chacune des cinq galeries adjacentes de peinture, dimensions de chaque salle 15^{m} sur 7^{m},80; total 20 foyers (la 6^{e} salle a été maintenue éclairée au gaz afin de pouvoir établir une comparaison entre les deux systèmes); deux foyers dans chacune des deux salles de 11^{m} sur 6^{m}, total quatre foyers (l'une de ces salles est une bibliothèque, et les deux lampes qui l'éclairent sont disposées de manière à jeter leurs rayons lumineux sur un plafond blanc, la lumière étant reflétée sur le plancher, et diffusée de manière à éviter toute ombre); deux foyers dans une salle de 14^{m} sur 6^{m}; deux foyers à la chambre des machines, et deux foyers en dehors de la chambre des machines et éclairant les approches de l'entrée du Musée.

Le moteur est une machine compound, du type locomotive, c'est-à-dire la chaudière étant placée au-dessus de la machine, de la force de 30 chevaux nominaux, capable de développer 80 chevaux indiqués.

Digitized by Google

Il est muni de deux volants faisant fonction de poulies de commande et conduit, par l'intermédiaire d'un arbre de transmission, quatre machines Gramme à courants alternatifs et deux machines Gramme excitatrices à courant continu.

Les machines Gramme à courants alternatifs sont du type de vingt foyers Jablochkoff et peuvent alimenter douze lampes-soleil chacune; elles n'en conduisent que dix dans le cas actuel, l'installation ne comportant qu'un total de quarante lampes de ce système.

Les machines Gramme à courant continu sont du type A, dit d'atelier, et chacune excite deux machines de douze foyers.

Le moteur marche à 120 tours avec une pression de 8 atmosphères, la transmission à 362 tours, chaque machine à courants alternatifs à 1000 tours et chaque excitatrice à 1550 tours. L'intensité du courant, dans les circuits de lampes, est maintenue à 8,5 ampères; la force électromotrice nécessaire à chaque lampe est d'environ 160 volts.

Chaque machine à courants alternatifs forme deux circuits distincts alimentant chacune cinq lampes, et pouvant en alimenter six.

Sur le circuit de chaque excitatrice se trouvent placés trois rhéostats ou commutateurs à neuf directions permettant d'introduire dans le circuit jusqu'à 27 (3×9) résistances en fil de maillechort de 2 millimètres de diamètre et environ 30 centimètres de long.

Sur chaque circuit de lampes se trouve placé, sur le même tableau que les rhéostats, un indicateur avertisseur de courant. Cet appareil consiste en une bobine en gros fil placée verticalement, et dans laquelle le courant passe : au repos, l'armature, en fer doux, tombe par son propre poids; lorsque le courant passe, elle est attirée et entraîne une aiguille dans sa course; celle-ci, qui se meut sur un arc de cercle gradué, indique l'intensité du courant. Si le courant devient trop fort ou trop faible, ou dans le cas d'extinction d'un circuit, l'aiguille indicatrice, qui est en métal, vient fermer le circuit d'une sonnerie électrique et le signal attire l'attention de l'électricien. Cet appareil est très sensible.

Chaque lampe est munie d'un veilleur : cet appareil est composé d'une bobine verticale en gros fil, ou solénoïde, dont l'armature supporte une fourche métallique se plongeant, au repos, dans deux godets à mercure séparés l'un de l'autre, et se trouvant sur le circuit d'une résistance artificielle. Au repos, la fourche plonge dans le mercure, et lorsque le circuit des lampes est fermé, le courant passe, par l'intermédiaire des fourches et des godets de mercure, et par la résistance artificielle. Lorsque le crayon réallumeur est poussé, à travers le charbon creux, contre le charbon plein, le circuit se trouvant fermé aussi bien par la lampe que par la résistance, une portion

Digitized by Google

du courant passe par la lampe et la bobine, moins résistante que la résistance en maillechort : l'action du solénoïde soulevant son armature ouvre le circuit de la résistance artificielle, et tout le courant passant alors par la lampe, celle-ci s'allume à mesure que le petit crayon se retire du charbon plein, et lorsque l'arc atteint la pointe du charbon creux, le charbon allumeur continue de s'éloigner du foyer incandescent, et sert ainsi un certain nombre de fois à l'allumage de la lampe. Chaque lampe est reliée à un *cut-off* qui permet de l'isoler complètement, sans affecter les autres lampes dans le même circuit, et de manière à pouvoir, en cas de besoin, la manipuler sans danger.

Les lampes s'allument actuellement à la main, et individuellement; un arrangement ingénieux permet d'allumer chaque lampe lentement, un modérateur à ailettes assurant le recul graduel du crayon allumeur; de la sorte, le marbre a le temps de s'échauffer graduellement, et une résistance considérable, celle de la lampe, ne peut être brusquement introduite en circuit, l'arc croissant lentement, et n'atteignant sa longueur normale qu'au bout de trente à quarante-cinq secondes.

Des lampes s'allumant automatiquement et avec mouvement de modérateur doivent être substituées aux lampes actuelles.

Il est inutile de parler de la qualité de l'éclairage ainsi obtenu; on sait que la lampe-soleil donne une lumière riche et fixe; l'éclairage des galeries du Musée est, de l'avis de tous, un véritable succès; reste à connaître les détails pratiques du fonctionnement journalier et le coût. Ceux-ci feront l'objet d'un article ultérieur, basé sur les faits, le colonel Festing devant conduire une série d'expériences pratiques et prolongées sur cet éclairage qui doit durer trois années, pendant lesquelles les autorités du Musée se réservent l'option de l'achat de l'installation. L'entreprise est rémunérée au prix du gaz, c'est-à-dire à raison de £ 1. 6. 6. (33f,10) par heure, et la lumière fournie est supérieure, comme volume, à celle du gaz; cette particularité, jointe aux avantages incontestables que l'éclairage par la lampe-soleil offre sur le gaz permet de prévoir, toutes conditions économiques considérées, non seulement l'adoption définitive de l'installation en question, mais encore une extension considérable de l'éclairage, par ce système, de cet établissement important.

L'éclairage public doit être inauguré le 10 juillet, mais le musée était brillamment éclairé, pour la deuxième fois, le 1er juillet, à l'occasion de la soirée donnée par le président et les membres du Comité de l'exposition des pêcheries aux commissaires étrangers, délégués et membres des jurés internationaux de cette Exposition. J. A. Berly.

Digitized by Google

L'ÉCLAIRAGE PAR INCANDESCENCE

COMMUNICATION DE M. WILHELM SIEMENS A LA SOCIÉTÉ ÉLECTROTECHNIQUE DE BERLIN

Bien que l'ère de l'éclairage par incandescence ait déjà quelques années de date, et que ce mode d'éclairage prenne chaque jour plus d'importance, on ne me paraît pas avoir encore traité ce sujet avec toute l'attention qu'il mérite.

Sans doute, il ne manque pas d'écrits et de publications de toutes sortes sur la matière. On trouve de nombreux résultats de mesures sur l'économie de l'éclairage par incandescence et sur la force qu'il absorbe; on a également des données suffisantes sur les divers systèmes de lampes, sur leur pouvoir lumineux, sur les tensions et les intensités de courants qu'ils exigent; mais ces renseignements semblent tous empreints de parti pris; ils laissent de côté bien des points, et il serait difficile d'en tirer une notion complète des diverses questions qui s'y rattachent, aussi bien que d'y puiser les matériaux nécessaires à une étude approfondie de l'éclairage par incandescence et de ses différents systèmes.

Je n'ai pas l'intention, comme conclusion de cette communication, de me prononcer sur les lampes actuelles; je ne formulerai en conséquence aucune proposition telle que celle-ci : « La lampe Edison est préférable à la lampe Swan. » Les qualités d'une lampe relèvent de bien des considérations qui n'ont rien à faire avec leur valeur purement théorique, et, par contre, une lampe, mal conçue au point de vue théorique, peut être très bonne quand elle est bien établie.

La construction d'une lampe à incandescence est par elle-même très difficile : le choix et le traitement du charbon, la manière de faire le vide et la perfection de ce vide, la solidité de la soudure du conducteur ont une importance considérable. Aussi, doit-on, dans une étude critique, envisager tous ces points de vue, si l'on veut arriver à formuler un jugement absolu sur les avantages de tel ou tel système.

Je m'abstiendrai de toute appréciation de ce genre, et je ferai surtout le plus possible abstraction des fabricants, d'autant plus que je pourrais, à la faveur de cette communication, vous entretenir ici du système d'éclairage par incandescence récemment introduit sous un nouveau type par la maison Siemens et Halske.

Digitized by Google

Le mot *éclairage par incandescence* n'a pas un sens bien précis, et l'on comprend également sous ce nom un mode d'éclairage qui n'a rien à faire avec mon sujet. Je parlerai uniquement de l'éclairage par incandescence consistant essentiellement en un filament de charbon porté au rouge blanc dans un espace où l'on a fait le vide.

Le charbon est un conducteur du courant électrique au passage duquel il s'échauffe ; le charbon peut ainsi, sans inconvénient pour sa solidité, être porté par augmentation du courant jusqu'à une certaine incandescence. Ce degré de chaleur une fois atteint, il faut pour le maintenir constant un écoulement constant du courant dans l'unité de temps, écoulement auquel correspond une valeur déterminée de rayonnement dans le même espace de temps. Le travail effectué par le courant dans le charbon est représenté par $ei = \frac{e^2}{r} = i^2 r$, e représentant la différence de potentiel mesurée aux deux extrémités du filament de charbon, i l'intensité du courant qui le traverse, et r sa résistance (à chaud). Le rayonnement, correspondant à ce travail pour un échauffement déterminé, est proportionnel à la surface du charbon. En appelant l sa longueur et d son diamètre, (si l'on admet sa section comme circulaire), on peut symboliquement représenter sa surface par ld. Pour l'état d'équilibre entre le travail du courant et le rayonnement, on a ainsi symboliquement (abstraction faite des constantes et dans l'hypothèse d'un même échauffement et de substances identiques) la relation $ei = ld$.

Il est clair que, sous les réserves ci-dessus, le produit ld donne également une mesure de la partie du rayonnement total qui se présente sous forme de rayons calorifiques lumineux ou de lumière, par opposition aux rayons calorifiques obscurs et aux rayons chimiques.

A une quantité donnée de lumière ou à un rayonnement total déterminé correspond ainsi une grandeur absolument fixe de la surface, et une production tout à fait déterminée de travail du courant. Cette production de travail ne change pas si l'on fait varier les deux facteurs du produit ei, de telle sorte que le produit lui-même reste constant. Plus grand on choisit e, plus petit devient i. A la même production de travail correspondent ainsi les courants les plus différents, courants de grande tension et de faible intensité, et courants de haute intensité et de faible tension. Comme conséquence on a également de grandes différences dans la résistance r, qui se calcule d'après la relation $\frac{e^2}{r} = i^2 r =$ constante.

De ce que $ei = ld =$ constante, il résulte que $\frac{e}{l} = \frac{d}{i}$, d'où il suit

Digitized by Google

qu'à une variation de e et de i correspond aussi une variation des facteurs l et d du produit constant ld.

On a donc la faculté, pour produire une intensité lumineuse donnée, correspondante à une surface déterminée (dans l'hypothèse d'une même température et de substances identiques), d'employer des charbons de formes diverses. Les éclairages par incandescence peuvent ainsi se distinguer suivant la forme de leur filament de charbon, les lampes à filament long et fin exigeant relativement une grande tension, et celles à filament gros et court demandant plus d'intensité et moins de tension.

Comme types de lampes à haute tension, je pourrais citer les lampes Edison, et comme lampes à grande intensité de courant les lampes Swan. On peut donc établir une distinction caractéristique entre les lampes d'après leur section de charbon qui diminue en raison inverse de la tension. Un fort diamètre offre un grand avantage au point de vue de la solidité des charbons et de la durée de la lampe, toutes les autres conditions restant les mêmes.

Le charbon est exposé à une série d'influences plus ou moins nuisibles à sa conservation et dont l'action est, en général, d'autant plus grande que le filament est plus mince. Nous ne parlons pas ici des accidents d'ordre purement mécanique, tels que les secousses et ébranlements, auxquels les lampes sont exposées dans les transports.

Mais d'après la théorie mécanique des gaz, les dernières traces d'air, qui échappent à l'emploi des meilleures pompes et restent dans les ampoules des lampes, se trouvent, par suite de la haute température du charbon, animées d'un mouvement beaucoup plus rapide, et le filament est, par suite, constamment exposé à un *bombardement* auquel il offre d'autant plus de résistance que sa section est plus considérable.

Il y a lieu de rappeler ici une remarque d'Edison, d'après laquelle l'un des côtés du filament de charbon s'use plus vite que l'autre, quand le charbon est traversé par un courant toujours de même sens. Il n'y a d'autre explication à ce fait que l'hypothèse d'une sorte d'action électrolytique. Le vide n'est pas absolu dans l'ampoule, mais on peut y considérer l'air comme dans un état de très grande raréfaction. S'il en est ainsi, on conçoit plus aisément encore qu'un filament gros résiste mieux qu'un autre plus mince. On peut d'ailleurs parfaitement admettre que le courant électrique exerce une influence sur la structure moléculaire du charbon. Ainsi, pour les fils de cuivre par exemple, on a constaté que leur maintien prolongé dans le circuit d'une machine à courants alternatifs détermine une modification dans leur état primitif, au point de vue de leur structure moléculaire.

Digitized by Google

Plus grand est l'échauffement final auquel est soumis un filament de charbon, plus il nuit à sa solidité, et plus sont sensibles les influences funestes dont nous avons parlé, notamment pour les charbons minces. Un filament gros supportera généralement un échauffement plus considérable qu'un filament délié, ce qui mérite considération, non seulement au point de vue économique, mais aussi au point de vue esthétique, une lumière plus blanche étant la conséquence d'un échauffement plus considérable.

Il résulte de ce que nous avons dit, comme avantage des lampes à faible tension, que, pour une puissance lumineuse déterminée, leur filament de charbon est plus gros que celui d'une lampe à haute tension, et par suite leur durée et leur capacité d'échauffement sont aussi plus considérables.

A côté de cet avantage, dont on peut du reste faire bénéficier également les lampes à haute tension, comme nous le montrerons plus loin, les lampes à grande intensité de courant présentent un grave inconvénient; c'est d'exiger des conducteurs coûteux. En effet, plus i est grand dans le produit ei, plus il faut employer de cuivre.

Au point de vue de la sécurité contre l'incendie, on est obligé de choisir des conducteurs tels que le courant employé ne les échauffe pas au delà d'une certaine limite. Dans l'hypothèse d'un échauffement constant, on donne trois valeurs différentes pour le rapport entre l'intensité du courant et la force du fil conducteur. On admet, abstraction faite des constantes, bien entendu : $i = d$, $i = d^2$, $i = \sqrt{d^3}$, ($d =$ le diamètre du fil). Dans la pratique, on suit de préférence la seconde relation, bien qu'elle ne concorde ni avec le calcul, ni avec les résultats de certaines expériences faites à cet égard.

Il s'agit d'ailleurs ici de fils nus tendus droits, et pour lesquels on suppose qu'il n'y a aucune déperdition de chaleur par conduction. Il en est autrement quand le fil est enroulé en bobine. Pour deux bobines de même grandeur et de même poids, enroulées de fils de diamètres différents, on a, d'après Forbes, l'équation symbolique $i = d^2$. Soient i et i' les intensités de courants, r et r' les résistances des deux bobines de fil, les quantités de chaleur produites dans chacune d'elles sont respectivement i^2r et i'^2r'. Les surfaces des deux bobines étant égales et l'échauffement devant être le même, les rayonnements doivent aussi être égaux. On a ainsi $i^2r = i'^2r'$, ou $\frac{i^2}{i'^2} = \frac{r'}{r} = \frac{d^4}{d'^4}$ ou $\frac{i}{i'} = \frac{d}{d'^2}$.

Certains ouvrages donnent comme théoriquement exacte la relation $i = \sqrt{d^3}$. Mais on remarquera qu'elle ne concorde pas avec les résultats d'expériences (telles que celles de Zöllner et Forbes) qui concluent à l'exactitude de la relation $i = d$. L'équation $i = \sqrt{d^3}$ s'obtient de la

Digitized by Google

manière suivante $ei = ld$; $i^2r = ld$; $\frac{i^2r_s}{d^2} = d$; $i^2r_s = d^3$. Si l'on fait la résistance spécifique $r_s = 1$, on a $i = \sqrt{d^3}$.

Cette équation est rigoureusement déduite; ce serait cependant exagérer sa signification que d'en conclure que i varie avec d, suivant la relation $i = \sqrt{d^3}$. Ce serait en fait ne pas tenir compte de la condition essentielle énoncée dans la proposition, à savoir que l'échauffement ou la température du fil ne doit pas varier avec i, ce qui revient à dire que le rayonnement correspondant à une valeur déterminée de la surface (l'unité de surface par exemple) reste constant, ou que $l_1 d_1 =$ constante, si l_1 et d_1 représentent les dimensions de cette surface.

Mais cette condition n'est pas compatible avec l'équation $i = \sqrt{d^3}$, dans laquelle l n'intervient en rien; et c'est parce que l s'élimine dans la déduction de cette équation, que cette dernière n'est pas pratique.

Comme nous l'avons déjà dit, l'expérience confirme la relation $i = d$; son exactitude se vérifie de la manière suivante :

$$ie = C\,l\,d,$$
$$i = c_1 d,$$
$$e = c_2 l;$$

la multiplication de ces deux dernières équations ramène à la première. C, c_1 et c_2 sont des constantes.

Dans la cas où la section du conducteur n'est pas circulaire, mais rectangulaire par exemple, la relation générale est : $u = i$; u représentant le périmètre de la section.

Il s'agit ainsi uniquement du périmètre de la section du conducteur, et non de la surface même de cette section. La quantité de cuivre du conductenr dépend, au contraire, de la grandeur de la section. La question d'économie du métal exige donc qu'on cherche à diminuer, autant que possible, pour un périmètre donné, la grandeur de la section. Il en résulte que la section rectangulaire est préférable à la section circulaire et qu'il vaut mieux constituer le conducteur de plusieurs fils fins parallèles que d'un seul gros fil.

La relation $d = i$ montre combien sont anormales les lampes à grande intensité de courant, puisque à un courant double correspond une quantité de fil quadruple.

Une autre considération conduit encore à adopter la relation $i = d$ ou $i = u$. Dans une installation de lampes à incandescence, les conducteurs absorbent une certaine partie de l'énergie du courant. A tout prendre, on doit donner aux conducteurs la moindre résistance

Digitized by Google

possible, de manière à diminuer la perte de travail qu'elle entraîne. Mais, d'un autre côté, pour ne pas trop augmenter la quantité de cuivre, la pratique s'est faite à accorder aux conducteurs 10 pour 100 environ de l'énergie employée dans les lampes, ce qui a pour conséquence de nécessiter pour les conducteurs une résistance égale à 10 pour 100 de celle des lampes.

Pour des lampes d'intensité lumineuse égale, portées à la même température et faites des mêmes matières, les résistances sont en raison inverse du carré des intensités de courant correspondantes ($i^2r =$ constante). Il faut donc, pour des lampes de double ou triple intensité de courant, donner au conducteur une résistance équivalente au quart ou à la neuvième partie de ce qu'elle serait pour des lampes d'intensité simple.

Pour deux installations identiques de lampes à incandescence, faites l'une en lampes Swan, l'autre en lampes Edison, il faudrait, par suite, employer pour les premières un conducteur quatre fois aussi coûteux (la lampe Swan exigeant un courant à peu près double de celui absorbé par la lampe Edison). Cette infériorité de la lampe Swan est d'autant plus préjudiciable que l'installation est plus considérable et que le lieu de production du courant est plus éloigné du point de consommation, si bien que des centres de production pour lampes Swan seraient d'une exploitation extrêmement difficile[1].

On peut, il est vrai, remédier à l'inconvénient des lampes à faible tension résultant du prix élevé du conducteur, en recourant à certaines combinaisons de dispositions en quantité et en tension. Le nombre de ces combinaisons est illimité. Avec les lampes Swan, on trouve souvent les dispositions suivantes : deux ou plusieurs lampes en tension et ces groupes mis en circuits parallèles entre eux ; ou bien deux ou trois grands groupes en tension, composés chacun d'un nombre égal de lampes en circuits parallèles. La première combinaison a l'inconvénient que l'extinction d'une lampe entraîne celle de tout le groupe. Dans la seconde, l'extinction d'une lampe n'est pas nécessairement liée à celle d'une autre. Il est à remarquer toutefois que c'est le même courant qui parcourt les groupes séparés, et que chacun d'eux doit être à même d'absorber le courant qui, par l'extinction de plusieurs lampes, se répartirait sur un moindre nombre de lampes soumises en même temps à une plus grande tension.

[1] Cette observation, applicable seulement aux types primitifs des lampes Swan, ne toucherait que l'installation première du circuit; comme consommation, l'énergie absorbée par les lampes est, à intensité lumineuse égale, sensiblement la même pour tous les systèmes. Dans tous les cas, l'exactitude et l'impartialité nous font un devoir d'ajouter que la société Swan construit aujourd'hui des lampes à haute tension pouvant lutter, même avantageusement, avec les lampes Edison (*Note de la rédaction*).

Digitized by Google

Il y aurait lieu également de recourir à une disposition de ce genre si ces groupes n'avaient pas une valeur déterminée, et s'il y avait dans l'installation plusieurs circuits indépendants l'un de l'autre. Pour des installations, où toutes les lampes en circuit doivent toujours brûler simultanément, ce genre de disposition par groupes peut très bien s'employer; tel est par exemple l'éclairage du Savoy-Théâtre à Londres; mais il n'en est pas de même lorsque les lampes doivent brûler séparément et indépendamment l'une de l'autre, et que, par suite, une ou plusieurs lampes d'un même circuit doivent pouvoir être introduites ou retirées à volonté. La libre disposition des lampes est toujours subordonnée à la condition que le même courant circule dans chaque groupe.

Le mode de disposition par groupes paraît surtout difficile (même dans le cas où toutes les lampes brûlent toujours simultanément) dans les installations où un même groupe doit comprendre des lampes d'intensité lumineuse et, par suite, d'intensité de courant différentes.

Je vais examiner de plus près ce cas de lampes d'intensités lumineuses différentes devant brûler simultanément dans le même circuit.

Je suppose toujours l'emploi des mêmes substances, le même état moléculaire de la surface et le même échauffement. A 1 centimètre carré de cette surface correspondra alors une intensité lumineuse déterminée, que ce centimètre carré appartienne à un charbon gros ou fin, ou qu'il s'agisse d'une lampe de haute ou faible tension. Inversement, à une bougie normale correspondrait une portion déterminée de surface, et la grandeur de la surface correspondant à un certain nombre de ces bougies se trouve imposée par le nombre de bougies normales que la lampe doit fournir.

Maintenant, comment ces portions de surfaces doivent-elles être réunies, ou quelle forme doit-on donner à la surface ainsi constituée qui comporte des lampes de valeurs différentes dans le même circuit? Cela dépend encore de quelques conditions.

Suivant que l'on dispose les lampes en circuits parallèles ou en tension, les lampes grandes ou petites doivent fonctionner à une différence de potentiel constante, ou avec une intensité de courant constante, et il faut dans le produit ei maintenir constant e ou i, pour permettre à toutes les lampes de brûler de la même façon. D'après notre hypothèse de substances identiques et de même échauffement, on a, en appelant l la longueur, d le diamètre du charbon supposé rond, et r_s sa résistance spécifique, $ei = ld$.

Considérons d'abord le cas où les lampes sont toutes en tension, et

Digitized by Google

où l'intensité du courant dans le circuit est constante : on a : $i^2r = ld$; $\frac{i^2r_s l}{d^2} = ld$; $i^2r_s = \text{const} = d^3$; ou $d = \text{constante}$.

Ainsi, la condition à laquelle doivent satisfaire des lampes d'intensités lumineuses différentes, pour brûler en tension dans le même circuit (l'échauffement étant supposé le même) est que le diamètre du charbon soit le même dans toutes les lampes. Les lampes d'intensités lumineuses différentes ne peuvent donc différer que par la longueur de leurs charbons ; et leurs intensités lumineuses sont proportionnelles à ces longueurs. Dans la pratique, ce cas est naturellement sans intérêt, car, pour un grand nombre de lampes disposées en tension, on aurait à faire entrer en ligne de compte la différence de potentiel, et l'on devrait compter certainement pour chacune des lampes, dans l'hypothèse d'une lumière de 10 bougies normales, sur 30 à 40 volts, si l'on ne donnait pas au conducteur une section supérieure à celle du conducteur Swan, et si l'on voulait rester dans les limites d'échauffement possible.

Le cas ordinaire est celui où toutes les lampes sont disposées en circuits parallèles ou en dérivation. Dans ces conditions, la plus grande, comme la plus petite lampe, doit fonctionner à la même différence de potentiel. On a $ei = ld$ ou $\frac{e^2}{\frac{r_s l}{d^2}} = ld$, ou $\frac{e^2}{r^2} = \text{constante} = \frac{l^2}{d}$.

Si l_1 et d_1 sont les dimensions du charbon d'une lampe donnée, et l' et d' celles du charbon de la lampe devant fonctionner à la même tension et au même échauffement, on a $\frac{l'^2}{d'} = \frac{l_1^2}{d_1} = \text{const.}$; $l'd' = ml_1 d_1$; m étant le rapport entre les deux surfaces ou les deux intensités lumineuses. Les deux inconnues l' et d' peuvent ainsi se déterminer.

Le fonctionnement de lampes d'intensités lumineuses différentes dans le même circuit à différence de potentiel constante dépend donc de ce que $\frac{l^2}{d} = \text{constante}$. Les lampes ne différeraient donc plus seulement par la longueur, mais aussi par le diamètre de leurs charbons.

Quelle est maintenant la différence de potentiel qu'il convient de donner à l'ensemble d'un système comprenant les lampes les plus différentes ? On choisira cette tension aussi élevée que possible. Dans l'hypothèse des mêmes substances employées et de la même température, à une intensité lumineuse de 10 bougies, (un nombre inférieur n'est guère nécessaire pour l'usage domestique) correspond une surface donnée. Si l'on a alors un charbon de diamètre aussi réduit que possible (toute condition de solidité réservée), on lui donne une lon-

Digitized by Google

gueur suffisante pour que sa surface atteigne la valeur correspondante à une intensité lumineuse de 10 bougies normales. La tension du courant, qui donne à la lampe ainsi construite un pouvoir lumineux de 10 bougies est la tension cherchée. Ses dimensions sont donc subordonnées d'abord au pouvoir lumineux que l'on veut donner à la plus petite lampe du système ; elles dépendent ensuite du degré auquel on peut réduire la section du charbon sans compromettre sa solidité.

Au point de vue purement théorique, rien ne limite la différence de potentiel, et l'on pourrait émettre la proposition que : le rendement d'un éclairage électrique est indépendant de la distance de la source (comme M. Marcel Deprez l'a formulé d'une façon analogue pour le transport de l'énergie).

La condition pour que dans un transport d'énergie l'effet utile reste constant, quelle que soit la distance, est que $\frac{e^2}{r} =$ constante. Il en est de même pour l'effet utile d'un éclairage électrique. $\frac{e^2}{r}$ représente le travail absorbé par la lampe correspondant à une certaine intensité lumineuse. La résistance du charbon doit augmenter dans la même proportion que la longueur ou la résistance du conducteur ; dans ces conditions, le rapport entre le travail perdu dans le conducteur et le travail total reste le même. L'intensité lumineuse des lampes ne devant pas varier, la différence de potentiel nécessaire est alors subordonnée à la relation $\frac{e^2}{r} =$ constante. De même, la nouvelle intensité du courant est déterminée par $i^2 r =$ constante. Plus on augmentera les valeurs de r et de e, plus il faudra réduire le diamètre du filament de charbon, et l'on arrivera bientôt à cet égard à l'extrême limite, c'est-à-dire à l'impossibilité de trop réduire la section du filament de charbon, limite pratique de la proposition que le rendement est indépendant de la distance.

Tandis que, pour les lampes à incandescence, la limite de cette proposition réside dans la faible capacité d'accroissement de r, pour le transport de la force, l'obstacle est e, et la difficulté est de donner aux fils des machines l'isolement nécessaire.

Je ne crois pas qu'avec les substances dont on dispose aujourd'hui pour la confection des charbons et dans l'état actuel de la fabrication, on puisse dépasser 100 à 110 volts pour des lampes de 10 bougies normales. Dans ce cas le filament de charbon est déjà très fin, 0,15 millimètre de diamètre environ. La différence de potentiel, sur laquelle sont réglées les lampes à incandescence de la maison Siemens et Halske est de 105 volts. La conformité de ces lampes, au point de vue

Digitized by Google

de la tension, avec les lampes Edison n'est pas purement accidentelle; elle est, ainsi que je l'ai expliqué, basée sur la nature des choses. Mais il faut reconnaître ici que, dès le début de l'incandescence, Edison, en construisant sa première lampe, a vu de suite l'opportunité d'une tension aussi élevée que possible.

La maison Siemens et Halske construit actuellement des lampes de trois intensités lumineuses différentes, 10, 16 et 25 bougies normales. Leur tension commune est de 105 volts.

BOUGIES NORMALES.	DIAMÈTRE DU CHARBON.	LONGUEUR DE CHARBON.	SECTION DU CHARBON.	SURFACE DU CHARBON.
	mm.	mm.	mm. q.	mm. q.
10	0,15	110	0,017	50
16	0,20	125	0,031	75
25	0,27	145	0,056	120

Il est de nécessité, au point de vue esthétique, que ces lampes, en présence dans un même espace, brûlent toutes dans le même ton ou avec la même couleur; cette condition, pour des charbons de même substance, dépend de l'égalité de leur température. Les surfaces des charbons doivent dès lors varier comme les intensités lumineuses correspondantes; tel est, aussi exactement que possible, le cas des lampes ci-dessus.

Il n'y a aucune difficulté à pousser encore plus loin ce système dans le sens de l'accroissement des intensités lumineuses, quand la pratique l'exige. La maison Siemens frères et C^ie^ de Charlottenburg, par exemple, qui attache aussi un grand prix à avoir dans son système d'éclairage par incandescence des lampes d'intensités lumineuses des plus différentes fonctionnant avec la même tension et brûlant avec la même couleur, construit des lampes de 100 volts et de 130 bougies normales. Elle a éclairé, il y a quelque temps, à titre d'expérience, une partie de *Kochstrasse* avec des lampes de ce genre, et l'impression produite par leur lumière se confondait presque avec celle de l'éclairage intensif au gaz de *Leipzigerstrasse* et de *Friedrichstrasse*.

On voit, par le tableau ci-dessus, que, pour des lampes d'intensités lumineuses différentes, les sections de charbon croissent plus rapidement que les intensités lumineuses et les surfaces, condition avantageuse, comme je l'ai déjà indiqué au début de cette communication, au point de vue de la solidité et de la durée des lampes. Il suit de là que, dans un système d'éclairage par incandescence composé de lampes d'intensités diverses, on demande plus aux lampes de faible intensité qu'à celles de haute intensité, et qu'il convient de donner

Digitized by Google

autant que possible la préférence aux dernières. La tension à laquelle fonctionne tout le système étant choisie d'après les plus faibles lampes, on peut, en supprimant les plus petits numéros, mieux satisfaire aux plus grandes, et obtenir ainsi une lumière plus blanche et une plus grande économie.

Il en résulte, en outre, que l'avantage des lampes à faible tension, qui réside dans le diamètre plus fort et la solidité plus grande du filament de charbon, disparaît d'autant plus vis-à-vis des lampes à haute tension que l'on augmente davantage leur intensité lumineuse. Ainsi par exemple le diamètre du charbon de la lampe Swan est de 0,25 millimètre, tandis que celui du charbon de la lampe Siemens et Halske de 25 bougies arrive à 0,27 millimètre. Cette considération est intéressante pour l'éclairage des grands espaces. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, mars 1883.) (*A suivre.*)

NOTES D'ANGLETERRE

L'éclairage électrique. — Le procès Edison-Swan. — Perfectionnements à la machine Edison. — L'électromètre absolu de M. Minchin.

Malgré le découragement qui a succédé aux spéculations insensées auxquelles l'électricité a servi de prétexte et la dépréciation des cours, les progrès de l'éclairage électrique suivent leur marche normale. Les nouvelles lampes fabriquées par la compagnie Swan sont très satisfaisantes; elles fournissent à la fois une incandescence plus brillante et une *vie* plus longue. On arrive aujourd'hui à établir des lampes de 20 candles qui fonctionnent avec un courant de un demi-ampère; c'est un réel progrès dans la voie économique. Les lampes Edison nouvellement construites présentent aussi une durée beaucoup plus grande, une d'elles ayant fourni déjà plus de cinq milles heures d'éclairage. Une lampe nouvelle, celle de M. Gatehouse, obtient aussi un grand succès.

A propos de lampes à incandescence, disons que le fameux procès d'Edison contre Swan va être prochainement jugé à Londres.

Ce procès décidera si, oui ou non, Edison est autorisé à réclamer le monopole exclusif des lampes à incandescence : ses revendications sont nettes et s'étendent à toutes les lampes ayant un filament de charbon renfermé dans un globe de verre scellé dans lequel on a enlevé l'air. Les prétentions d'Edison seront énergiquement combattues

Digitized by Google

et le débat promet d'être intéressant. La patente anglaise d'Edison porte la date du 10 novembre 1879, celle de M. Swan est du 2 janvier 1880; mais il sera prouvé que M. Swan a montré sa lampe en fonction dans plusieurs réunions publiques en décembre 1878 et février 1879, c'est-à-dire plusieurs mois avant la demande de brevet d'Edison.

Les revendications d'Edison et de Swan présentent d'ailleurs des contrastes frappants : Edison revendique l'invention du système complet de la lampe à incandescence, M. Swan ne s'attribue qu'un perfectionnement dans sa fabrication, perfectionnement qui consiste à fortifier le filament en le chauffant à l'incandescence pendant l'opération du vide avec la pompe de Sprengel. Il est assez piquant de remarquer que, bien que ce procédé constitue la seule revendication de M. Swan en janvier 1880, Edison a cru utile de revendiquer le même procédé dans un brevet qui porte la date du 9 février 1881.

En résumé, M. Swan considère la lampe à incandescence comme une chose ancienne et bien connue, et n'a, en conséquence, breveté que ce qu'il considérait comme un perfectionnement important. Il semble établi que M. Swan était, dès l'origine, associé aux travaux de Staite sur l'éclairage électrique par l'incandescence, de 1847 à 1853. La lampe Swan se trouverait donc être l'héritière directe de la lampe de Staite.

On prétend que le docteur Hopkinson vient de terminer de sérieux et importants perfectionnements apportés aux machines dynamo-électriques d'Edison. On ne connaît pas encore la nature exacte de ces perfectionnements; l'un d'eux consisterait surtout dans le raccourcissement et le grossissement des inducteurs; le champ magnétique se trouverait ainsi amélioré, tout en laissant la même quantité totale de fil sur les inducteurs.

A la séance de la Société de physique du 23 juin dernier, M. Minchin, professeur de physique mathématique au *Royal Engineering College*, de Cooper Hill, près de Windsor, a présenté un nouvel électromètre des sinus absolu qui paraît être un appareil remarquablement simple et exact. On peut le décrire en quelques mots en le considérant comme un composé de l'électroscope pendule d'Auguste et de l'électromètre absolu de sir William Thomson.

L'électromètre de M. Minchin se compose d'une petite plaque en forme de trappe, suspendue et entourée d'un anneau de garde; derrière cette plaque s'en trouve une seconde disposée parallèlement à la première; lorsque les deux plaques sont électrisées, elles se repoussent; on fait alors tourner les deux plaques jusqu'à ce que le poids de la

Digitized by Google

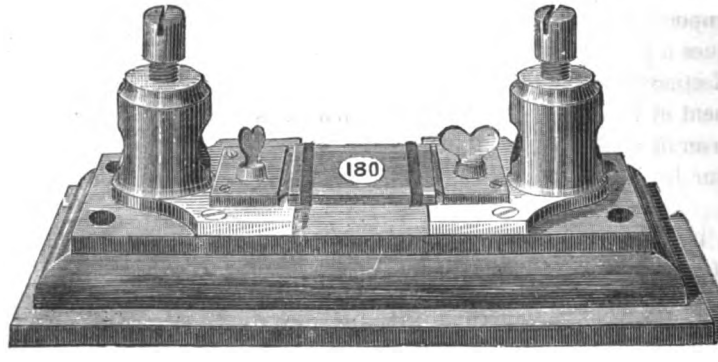
trappe la replace de nouveau dans le plan de l'anneau de garde; le sinus de l'angle dont les plaques ont tourné mesure alors la force électrostatique de répulsion. En fait, l'opération ressemble à celle que l'on réalise dans la boussole des sinus de Pouillet. S. P. T.

COUPE-CIRCUIT AUTOMATIQUE

DE M. KILLINGWORTH HEDGES

L'emploi de coupe-circuits est aujourd'hui reconnu comme indispensable dans toutes les installations d'éclairage électrique. Ces coupe-circuits, tous fondés sur le même principe, consistent dans l'introduction d'un conducteur fusible intercalé dans le circuit à protéger, et dont le diamètre est calculé de façon à ce que leur fusion produise la rupture du circuit lorsque le courant atteint accidentellement une trop grande intensité.

L'expérience montre que les coupe-circuits formés d'une barre de métal, en général un alliage de plomb et d'étain, ne remplissent pas toutes les conditions exigées pour cette application : on ne peut, en



Coupe-circuit automatique de M. K. Hedges.

service courant, les faire traverser que par un courant égal environ au quart de celui qui produit leur fusion, et la rupture du conducteur produit une petite détonation et des projections de métal fondu qui peuvent être nuisibles.

Dans le coupe-circuit de M. Hedges que nous représentons ci-dessus,

Digitized by Google

ces inconvénients sont évités : il se compose de minces feuilles d'un alliage spécial connu sous le nom de *métal blanc* dont le nombre et les dimensions sont proportionnés au courant qui doit traverser le coupe-circuit. Ces feuilles sont isolées les unes des autres et séparées par des feuilles de mica; le courant se partage entre toutes ces feuilles et la rupture se produit au centre sans bruit et sans projection d'aucune sorte; les feuilles de mica restent intactes et peuvent servir indéfiniment; on n'a qu'à remplacer le métal blanc. Pour les courants au-dessous de 20 ampères, on ne fait usage que d'une seule feuille enveloppée dans du mica; le coupe-circuit se remplace alors instantanément. Les petites dimensions des appareils permettent de les fixer sur un commutateur quelconque.

On peut les faire fonctionner dans des conditions telles qu'une augmentation momentanée du courant égale au dixième de sa valeur absolue produise la rupture du circuit; ainsi, par exemple, un coupe-circuit pour 100 ampères peut fondre à 110 ampères, un coupe-circuit de 50 ampères à 55 et ainsi de suite. En pratique, et lorsque les courants sont un peu irréguliers, il est préférable de laisser une marge plus grande, 50 pour 100 par exemple. Sur chacune des lames est marqué le nombre d'ampères correspondant au point de fusion; la figure ci-dessus représente un coupe-circuit fonctionnant à 180 ampères. Les constructeurs devraient, à notre avis, munir toutes les machines dynamo-électriques, surtout les machines excitées en circuit, ou *séries-dynamos*, d'un coupe-circuit analogue, qui jouerait en quelque sorte le rôle de *soupape de sûreté*, et empêcherait de brûler bien des bobines, lorsque la direction de ces machines est confiée à des personnes inexpérimentées ou que, par suite d'un contact accidentel, la machine se trouve pendant quelque temps fermée sur elle-même ou en court-circuit.

INDICATEUR D'INCENDIE

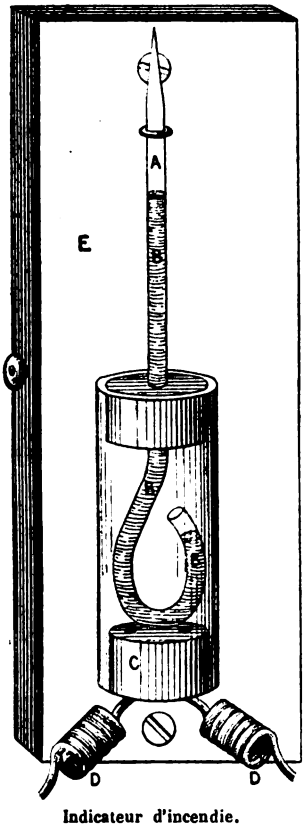
M. F. C. Childs a présenté, à l'une des dernières réunions de la Société des arts, tenue à l'institut de technologie de Boston, l'appareil dont nous publions le dessin et qui est construit par l'association des indicateurs automatiques d'incendie.

L'inventeur, dont nous ignorons le nom, s'est proposé comme toujours d'obtenir la fermeture d'un circuit électrique sous l'influence

Digitized by Google

d'une légère élévation de température et de mettre ainsi en mouvement une sonnerie d'avertissement.

Il suffit de se reporter au dessin pour voir que l'appareil se compose d'un tube de verre, recourbé en deux branches d'inégale longueur, et monté sur une cuvette en matière isolante. La branche la plus longue est fermée à la lampe et contient en haut un hydrocarbure volatil, l'autre branche reste ouverte; toutes deux à la partie inférieure sont remplies de mercure. Les deux fils du circuit électrique traversent la matière isolante pour affleurer à l'intérieur de la cuvette, à quelques millimètres de distance l'un de l'autre. L'hydrocarbure est en A, le mercure en B, la cuvette isolante en C; les fils conducteurs en D et le tout repose sur la planchette E.



Indicateur d'incendie.

A la moindre élévation de température, l'hydrocarbure passe à l'état de vapeur qui chasse le mercure hors du tube dans la cuvette: il s'établit ainsi entre les deux fils une liaison métallique qui ferme le circuit et la sonnerie correspondante entre ce mouvement.

Il est inutile d'ajouter que cet appareil peut rendre les mêmes services que les nombreux indicateurs déjà connus. Il possède une sensibilité extrême, qu'on pourrait même trouver excessive, mais lorsqu'il s'agit de prévenir des incendies, l'excès de précautions cesse d'être un défaut. P. D.

Des expériences intéressantes de traction électrique des tramways à l'aide d'accumulateurs ont eu lieu le 5 juillet, à quatre heures du matin, sur les boulevards extérieurs, entre la place des Nations et le Trocadéro. Nous en parlerons en détail dans un prochain numéro.

Digitized by Google

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 25 juin 1883.

Sur les rapports de l'induction avec les actions électrodynamiques et sur une loi générale de l'induction. — Note de M. QUET.

Je me propose de faire voir que, à l'aide d'une seule règle générale, on peut déduire de l'électrodynamique les lois de l'induction produite par un déplacement relatif; il suffit pour cela de résoudre le problème suivant : *Déterminer la direction et la grandeur de la force qui est appliquée à un élément de fluide électrique, lorsqu'il se meut dans le champ d'un système quelconque de courants.* La règle à laquelle je vais être conduit est celle-ci : la direction de la force d'induction coïncide avec celle de l'action électrodynamique qu'exercerait le système inducteur sur un élément de courant fictif, placé au point même du champ où se trouve l'élément induit et dirigé suivant la vitesse relative de celui-ci; son intensité est la moitié de la force électrodynamique qui agirait sur cet élément fictif, si les deux fluides qui le traversent en sens opposés avaient en somme une quantité de mouvement égale à la quantité de mouvement relatif de la masse induite.

Considérons une masse élémentaire m de fluide électrique en mouvement; elle peut faire partie d'un fil ou d'un conducteur quelconque qui reste fixe ou qui se meut en entraînant avec lui la masse m et en lui communiquant sa propre vitesse; elle peut d'ailleurs se mouvoir elle-même dans le conducteur. Le système inducteur est fixe ou en mouvement; dans le dernier cas on peut encore le supposer fixe, pourvu que l'on applique au conducteur induit une vitesse convenable qui, en se combinant avec la vitesse absolue, produit la vitesse relative. D'après cela, nous regarderons comme fixe le système inducteur et nous attribuerons à la masse électrique m, indépendamment de sa vitesse propre dans le conducteur, une vitesse relative v dans le sens Ov, O étant le milieu de m; il suffira de considérer cette dernière vitesse, parce que, de quelque manière que l'on considère la vitesse de m, la règle s'appliquera à chacune de ses composantes.

Je place sur la direction Ov un élément $d\sigma$ de courant fictif, dont le milieu soit en O, et dans lequel les masses m' et $-m'$ de fluides

Digitized by Google

en mouvement aient les vitesses respectives $+ v$ et $- v$, la masse m' étant d'ailleurs égale à m. Je désigne par p et p' les actions exercées par le système inducteur sur ces masses m' et $- m'$, et par Op la direction de la force p. Si la masse $- m'$, conjuguée de $+ m'$, avait la même vitesse v que m', elle serait soumise à une force égale à p et de sens opposé à Op, c'est-à-dire à la force $- p$. Mais, comme $- m'$ a la vitesse $- v$, la force doit éprouver un nouveau changement de signe, et l'on a $p' = p$. Cela résulte du fait général de la décomposition par induction du fluide neutre, lorsqu'il se meut en présence de courants électriques, et de ce que, si l'élément $- m'$ avait simultanément les vitesses $+ v$ et $- v$, il serait sans mouvement relatif et n'éprouverait pas d'induction. De ces considérations il suit que les forces p et p' ont une résultante égale à $2p$ et dirigée suivant Op. Mais cette résultante n'est autre chose que l'action électrodynamique exercée par le système inducteur sur l'élément fictif $d\sigma$; par les règles d'Ampère, on déterminera la direction OF et l'intensité F de cette action, et il est clair que OF donnera Op et F la force $2p$, ou $\frac{F}{2}$ la force p. La force p est l'action exercée par le système sur la masse m' de l'élément fictif; mais cette masse est égale à la masse m que nous avons à considérer; elle occupe la même position qu'elle dans le champ électrique, elle a même vitesse v et même direction de vitesse Ov : p est donc aussi la force que le système inducteur exerce sur m; car cette force ne peut dépendre que des quantités ou des conditions qui viennent d'être énumérées et non de la forme de m ou de la manière dont la vitesse v lui est communiquée : le problème est donc résolu et la règle que j'ai indiquée est la conséquence immédiate de cette solution.

Impression automatique des dépêches téléphotiques ou transmises par la lumière. — Mémoire de M. Martin de Brettes (Extrait).

Tout appareil imprimeur exige, pour fonctionner, le travail mécanique d'une force, qui se manifeste à propos, c'est-à-dire quand et comment le veut l'expéditeur de dépêches.

Cette force peu considérable se réduit à l'aimantation d'un électro-aimant, et le travail mécanique à l'attraction de l'armature, dont le mouvement détermine le fonctionnement de l'appareil.

Il suffirait, pour résoudre le problème de l'impression des dépêches téléphotiques à la station de réception, que la lumière projetée eût la propriété d'y produire pendant sa durée, qui dépend de la volonté de l'expéditeur, l'aimantation d'un électro-aimant, faisant partie d'une

Digitized by Google

pile locale, ou une augmentation suffisante pour qu'il surmontât la résistance du ressort antagoniste de son armature.

La partie éclairée du circuit de la pile devrait, par conséquent, être composée d'un corps doué de la propriété de devenir subitement conducteur sous l'influence de la lumière, et de cesser de l'être dès qu'il y serait soustrait. Il existe, comme on sait, un corps qui possède cette propriété à un très haut degré, c'est le *sélénium*.

La lumière électrique produite à la station de réception, dans un projecteur du colonel Mangin, y serait envoyée en un faisceau de rayons parallèles et reçue sur une lentille convergente, au foyer de laquelle se trouverait fixé l'élément de sélénium, faisant partie du circuit de la pile locale qui contient la bobine de l'électro-aimant moteur du récepteur.

L'impression des jets de lumière en traits noirs, longs et courts, conformes à l'alphabet Morse, se ferait automatiquement avec l'appareil Morse à molette. Les jets de lumière seraient envoyés par le mouvement d'un simple levier qui déplacerait un écran obturateur. L'impression des dépêches en caractères d'imprimerie se ferait au moyen d'un récepteur à cadran de Breguet, dont l'aiguille serait remplacée par une roue des types et auquel on ajouterait un mécanisme imprimeur, qui fonctionnerait au moyen d'une pile spéciale, et seulement lorqu'on voudrait imprimer une lettre déterminée.

La distance entre deux stations dépend de la transparence de l'air, de la latitude et, toutes circonstances égales d'ailleurs, de la quantité de lumière reçue par unité de surface quand les rayons lumineux sont parallèles. On ne connaît pas la loi de la décroissance de l'intensité de la lumière dans ce cas, mais cette décroissance dépend seulement de l'absorption par l'air; car, dans le vide, l'intensité resterait constante; de sorte qu'on ne peut déterminer, *a priori*, la distance des deux stations, pour un foyer électrique donné; il faudrait recourir à l'expérience.

Cependant la belle expérience de M. Fizeau, pour déterminer la vitesse de la lumière, montre que la distance de deux stations pourrait être considérable, avec les puissants foyers électriques actuels, qui dépassent 2000 carcels. On sait en effet que, dans ces expériences, la lumière d'une simple lampe donnait, après un parcours de 17 kilomètres, un foyer brillant d'intensité très appréciable.

Séance du 2 juillet 1883.

M. Dumas fait connaître à l'Académie la perte considérable qu'elle

Digitized by Google

vient d'éprouver en la personne de M. William Spottiswoode, président de la Société royale de Londres et membre correspondant de l'Académie des sciences (section de géométrie).

« M. Spottiswoode, que ses fréquentes visites à Paris avaient rendu très populaire parmi les savants français, appartenait à une très ancienne famille écossaise, dont une des branches, transplantée aux États-Unis, a produit aussi des hommes remarquables. Né à Londres le 11 janvier 1825, il fit à Oxford et à Baillol des études distinguées et remplaça, dès 1847, son père, Andrew Spottiswoode, dans ses fonctions d'imprimeur de la Reine.

« M. Spottiswoode était bien le type de cet ordre de savants que la France possédait autrefois et qui paraissent appartenir aujourd'hui presque exclusivement à l'Angleterre, sachant mener de front les intérêts d'une grande fortune ou d'une industrie considérable et les recherches les plus délicates de la science. Homme d'affaires très pratique, il donnait à la science pure tous ses loisirs, comme Sir John Lubbock et M. Warren de la Rue.

Plusieurs des méthodes imaginées par M. Spottiswoode sont devenues classiques en mathématiques; son nom restera surtout attaché à ses belles recherches sur la lumière polarisée et sur certaines formes de décharges électriques.

M. d'Abbadie annonce à l'Académie, le décès de M. le général Sabine, à l'âge de quatre-vingt-quinze ans. Aussi infatigable à rédiger qu'à observer, le général sir Edward Sabine, a publié plus de 100 travaux scientifiques dont plusieurs consacrés au magnétisme, forment des valeurs considérables.

M. Quet présente une note *Sur l'application de la méthode d'Ampère à l'établissement de la loi élémentaire de l'induction électrique par déplacement.*

M. P. Le Cordier traite des *Actions électrodynamiques renfermant des fonctions arbitraires et des hypothèses qui déterminent ces fonctions.*

Moyen de désaimanter les montres qui ont été aimantées par le voisinage d'un champ magnétique puissant. Note de M. M. Deprez.

Quand une montre se trouve accidentellement maintenue dans un champ magnétique, les pièces d'acier que contient son mécanisme intérieur subissent une aimantation qui en arrête la marche. Pour remédier à cet accident, sans avoir recours au procédé extrême du

Digitized by Google

remplacement des pièces aimantées, il suffirait de faire naître une aimantation égale et de sens contraire à la première; mais, comme la valeur et la direction de celle-ci sont inconnues, j'ai imaginé de tourner la difficulté au moyen de l'artifice suivant.

On dispose la montre dans un champ magnétique puissant, et on lui imprime un mouvement de rotation; la polarité qui tend à se former par influence se déplacera constamment avec l'orientation des lignes de force, sans pouvoir se fixer jamais pendant toute la durée du mouvement, et toute trace de magnétisme disparaîtra de la montre si l'on parvient à la soustraire ainsi à l'action du champ qui l'entoure. Ce but est facilement atteint en la faisant tourner dans le champ magnétique, d'un mouvement hélicoïdal qui, l'éloignant graduellement, la fera échapper à une influence dont le sens et la direction varient d'ailleurs constamment jusqu'au moment où elle devient nulle.

J'ai souvent expérimenté ce procédé, toujours avec succès, sur des montres dont l'aimantation était quelquefois telle, que les secousses qu'on leur imprimait ne parvenaient même pas à les mettre momentanément en marche.

En reproduisant ici le moyen très pratique proposé par M. Marcel Deprez pour désaimanter les montres, nous devons déclarer qu'il est loin d'être nouveau : il y a plus de deux ans que M. Maxim a imaginé et fait construire une machine à désaimanter les montres, fondée exactement sur le même principe. L'appareil de M. Maxim a été décrit et représenté dans le *Scientific american* du 27 août 1881, page 134; il a même fait pendant quelque temps l'objet d'une exploitation industrielle chez des horlogers Américains, MM. L. et A. Mathey, de New-York, où chacun pouvait porter sa montre pour la faire *démagnétiser*.

FAITS DIVERS

Le théâtre de l'Exposition internationale d'électricité, Vienne, 1883. — Le théâtre dans lequel on représentera chaque soir devant un public international et pendant la durée de l'exposition tous les effets de l'éclairage électrique est près d'être achevé.

La galerie du sud-est, longue de 105 mètres, et large de 14 mètres et demi affectée à ce théâtre, est séparée vers le transept de l'est par un portail exécuté dans le style de la Renaissance. Par une entrée principale large de 4 mètres on arrive dans un portique où se trouvent les bureaux, et de là dans

Digitized by Google

un riche foyer pourvu d'une confiserie. De là deux grands escaliers mènent à la grande salle du parterre longue de 23 mètres sur un plan incliné vers la scène. Cette salle qui contient environ 300 personnes servira aussi aux conférences scientifiques populaires et aux démonstrations. Derrière les stalles du parterre, s'élève une plateforme pour les représentations au scioptikon et autres instruments d'optique analogues, tandis qu'un orchestre bas pour 25 musiciens, sépare le parterre de la scène qui a 14 mètres de largeur et 11 mètres de profondeur; derrière celle-ci se trouve la scène postérieure de 10 mètres de profondeur.

Le reste de la galerie est occupé par les vestiaires, chambres de domestiques et place pour les électriciens en service. Le parterre, de même que la scène et les galeries sont pourvues de nombreuses sorties sur le cours et en plein air, de sorte que le théâtre peut éventuellement être complètement évacué dans l'espace d'une à deux minutes.

L'éclairage électrique du théâtre au moyen de lampes incandescentes sera effectué par la maison Ganz et C^ie^ à Budapesth, représentée par MM. Braun et Heider à Vienne. Une machine dynamo-électrique à courants alternatifs construite par cette maison spécialement pour l'éclairage des théâtres, produira le courant électrique nécessaire pour 1200 lampes incandescentes de la force de 20 bougies. Les lumières incandescentes (système Swan) employées pour l'éclairage, seront ainsi réparties : 15 pour l'entrée et les bureaux, 90 pour le foyer, 184 pour le parterre, 50 pour l'orchestre, 90 pour les vestiaires et 1260 pour la scène. Ces dernières seront disposées, dans le but d'obtenir divers effets de théâtre, pour le changement de couleurs en blanc, rouge et bleu, de sorte qu'en réalité 420 lampes seulement, et au maximum 829 seront employées chaque soir. Le courant électrique leur sera fourni par une machine dynamo-électrique qui se trouve dans la galerie des machines à 350 mètres de distance, par une conduite principale consistant en tringles de cuivre de 34 millimètres, soudées ensemble et isolées, et placé sous sol à travers la rotonde. Un régulateur automatique régularise la répartition du courant et l'emploi de force exactement d'après la mesure de la force de la lumière et du nombre de lumières, tandis qu'un autre appareil intéressant, le modulateur, permet de diminuer les lampes dans le paterre indépendamment de celles de la scène, de varier ces dernières et d'opérer instantanément le changement de couleurs.

Un autre genre d'éclairage électrique pour théâtres au moyen de lampes à arc sera alternativement mis en scène avec le premier par la maison Piette et Krizik à Pilsen. Cet intéressant essai qui est destiné à faire avancer dans une phase nouvelle la question de l'éclairage des théâtres ne s'étendra cependant qu'aux pièces principales, c'est-à-dire au parterre et à la scène, tandis que les autres pièces secondaires seront éclairées continuellement par des lampes à incandescence. Ladite maison se propose d'éclairer le parterre par 3 ou 5 fortes lampes à arc, la scène par 2, et chaque coulisse par 2 ou 3. Les modulations de la lumière se feront au moyen d'un mécanisme spécial.

La concurrence des deux systèmes d'éclairage pour théâtres donnera lieu à des comparaisons et à des observations du plus haut intérêt.

Digitized by Google

PRIX DE REVIENT DE L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE DES USINES DE L'HORME. — Dans une des dernières réunions de la Société de l'industrie minérale, M. *Chalmeton* a fourni sur ce sujet quelques renseignements intéressants dont voici le résumé :

Cet éclairage se compose de six lampes Brush desservies par une machine Brush du type dit de 6 foyers. Les lampes sont placées sur le même circuit : elles sont à charbon inférieur fixe et charbon supérieur mobile ; il y a dans chaque lampe deux paires de charbons et l'éclairage peut atteindre une durée de seize heures.

La dépense totale, y compris la machine à vapeur de 6 chevaux, a été de 15 100 fr. ; la longueur du circuit est de 1340 mètres. La dépense journalière pour 6 lampes fonctionnant treize heures est de 20fr,20 dont 5fr,50 de main-d'œuvre et 8 fr. de crayons et 4fr,70 de combustible, ce qui fait 0fr,26 par lampe et par heure. Ce chiffre est un maximum parce que certains éléments, la main-d'œuvre par exemple, n'augmenteraient pas pour un éclairage notablement plus considérable.

L'éclairage au gaz coûtait précédemment 10fr,37 par nuit de treize heures, c'est-à-dire la moitié seulement de la dépense de l'éclairage électrique, mais ce dernier donnant avec six lampes 450 carcels, la carcel ne revient qu'à 0fr,045, tandis qu'elle reviendrait avec le gaz à 0fr,40, soit 8 fois plus.

On a donc avec l'électricité une lumière beaucoup plus intense qui rend la manutention des fers et la surveillance des cours incomparablement plus faciles qu'auparavant.

—

LES PRÉTENDUS ÉTALONS PHOTOMÉTRIQUES. — Le traité pour l'éclairage au gaz de la ville de Melun porte que « le pouvoir éclairant du gaz devra être tel que, sous la pression de 2 à 3 millimètres d'eau, un bec consommant 105 litres de gaz à l'heure produira une lumière équivalente à celle de six bougies et demie de stéarine, première qualité, à seize au kilogramme net, dont la flamme aura de cinquante à cinquante-quatre millimètres. »

Le vérificateur municipal, qui est directeur de la station agronomique que Seine-et-Marne, expérimentateur et chimiste distingué, frappé de l'irrégularité de combustion et d'intensité lumineuse de la bougie de l'Étoile, reconnue cependant comme une des meilleures, proposa au maire de substituer à cet étalon la lampe Carcel adoptée généralement en France.

Il fallut alors déterminer d'une façon précise le rapport des deux intensités pour ne pas modifier les conditions du cahier des charges.

Les expériences ont été faites avec tout le soin nécessaire, la lampe Carcel a été établie d'après les instructions de MM. Dumas et Regnault, les expériences faites le même jour, avec le même gaz, en commençant alternativement par la lampe ou la bougie, pour éviter l'influence des variations de la température, etc.

Les bougies étaient prises dans des paquets différents, et chaque bougie utilisée depuis le commencement jusqu'à la fin, pour avoir une moyenne aussi exacte que possible, le compteur à gaz nivelé et vérifié fréquemment, etc.

Digitized by Google

Il résulte de ces expériences que le bec Carcel vaut de 6,87 bougies à 8,69 bougies de l'Étoile en prenant les rapports extrêmes, et que sa valeur déduite du rapport moyen est de 7,63 bougies.

L'intensité lumineuse de la bougie varie de *dix* pour cent en plus et de *quatorze* pour 100 en moins de la valeur moyenne. La variation totale est de *vingt-quatre pour cent*, malgré toutes les précautions prises, soit environ le *quart* de la valeur absolue.

Il résulte de ces chiffres qu'un même expérimentateur peut, à un jour d'intervalle, trouver qu'une lampe à incandescence, dont la puissance n'a *rigoureusement pas varié*, donne 16 bougies, si la bougie prise comme étalon (?) éclaire bien, et 20 bougies si l'étalon éclaire mal. Les bougies de paraffine employées en Angleterre en qualité de *candle-standard* éprouvent des variations de même ordre. Il y a donc à prendre et à laisser dans les expériences photométriques où l'observateur, consciencieux mais irréfléchi, calcule gravement la puissance lumineuse d'une lampe à incandescence en *centièmes* de candle, tandis que l'erreur provenant de l'inconstance de l'étalon peut atteindre 4 à 5 candles, c'est-à-dire une valeur *quatre cents* fois plus grande! Il en est de l'exactitude comme de la vertu : Pas trop n'en faut.

—

Exposition internationale de Nice. — Une large part a été faite à l'électricité dans l'Exposition internationale de Nice qui sera ouverte du 1er décembre 1883 au 1er mai 1884. Elle forme un groupe tout entier, le dix-huitième, subdivisé lui-même en trois classes :

Classe 53. — *Appareils producteurs d'électricité.* — a. Machines électrogènes. — Piles, machines électro-magnétiques, accumulateurs. — b. Machines électro-motrices, bobines, électro-aimants. — Appareils d'induction.

Classe 54. — *Télégraphie. — Téléphonie* — a. Appareils de télégraphie électrique, sonneries, signaux. — b. Télégraphes militaires. — c. Accessoires de la télégraphie. — Téléphones, microphones, photophones, etc.

Classe 55. — *Lumière électrique.* — a. Appareils de lumière à arc voltaïque. — b. Lampes à incandescence ou mixtes. — c. Lumière fluorescente, tubes de Geissler, gaz raréfié, etc.

L'organisation de la section dont fait partie le dix-huitième groupe a été réservée au comité d'organisation constitué dans les bureaux du *Génie civil* où nos lecteurs pourront s'adresser pour de plus amples renseignements sur cette Exposition.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

NOUVELLE PILE A OXYDE DE CUIVRE

DE MM. F. DE LALANDE ET G. CHAPERON

En construisant la nouvelle pile que nous allons décrire, les auteurs se sont proposé de créer un générateur électrique énergique et constant, simple et économique, et ne consommant les matières actives qu'en proportion du travail fourni.

En principe, la pile se compose d'une lame ou d'un cylindre de zinc formant le pôle négatif; d'une solution de potasse caustique comme liquide et d'oxyde de cuivre mis en contact direct avec une lame de fer ou de cuivre comme dépolarisant.

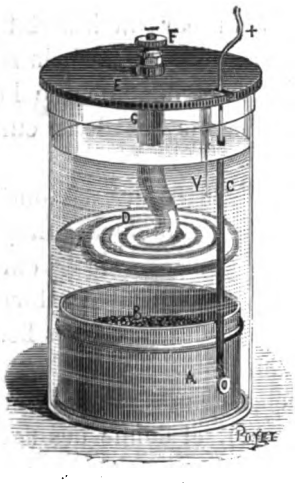


Fig. 1. — Élément à spirale.

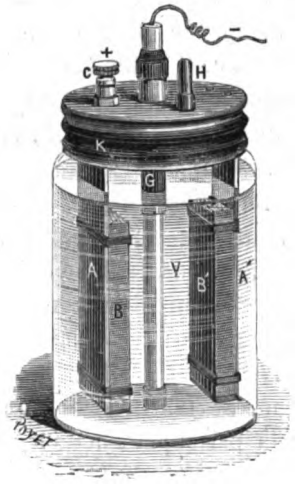


Fig. 2. — Élément à agglomérés.

Grâce au choix des produits, la pile peut travailler sur un circuit fermé continu, sans polarisation notable et presque jusqu'à complet épuisement des produits : la transformation de la potasse en zincate alcalin et la réduction progressive de l'oxyde de cuivre s'opèrent sans que les constantes varient sensiblement. Nous reviendrons sur cette question après avoir décrit les types principaux construits par MM. de Lalande et Chaperon.

Digitized by Google

La disposition la plus simple est représentée figure 1.

On place au fond d'un vase de verre V une boîte de tôle de fer A renfermant l'oxyde de cuivre B. A cette boîte est fixé un fil de cuivre isolé du zinc par un bout de tube de caoutchouc. Le zinc est constitué par une barre cylindrique de 1 centimètre de diamètre roulé sous forme de spirale plate D et suspendue à un couvercle E qui porte la borne F; un tube de caoutchouc G recouvre le zinc à la partie supérieure, pour l'empêcher de se couper au niveau du liquide. Le vase est rempli d'une solution de potasse à 30 ou 40 pour 100. Cette disposition est analogue à celle d'un élément Callaud, avec cette différence que le dépolarisant est solide et insoluble.

Pour éviter les inconvénients de la manipulation de la potasse, la quantité de ce corps à l'état solide nécessaire pour un élément est enfermée dans la boîte qui doit recevoir l'oxyde de cuivre, munie d'un couvercle maintenu par un bracelet de caoutchouc. Il suffit alors, pour monter la pile, d'ouvrir la boîte à potasse, de la placer au fond du vase et d'ajouter de l'eau pour dissoudre la potasse; on y verse ensuite l'oxyde de cuivre renfermé dans un sac.

On forme également avec l'oxyde de cuivre des agglomérés dont l'emploi est fort commode. Voici l'un des meilleurs moyens de fabriquer ces agglomérés. On mélange à l'oxyde de cuivre de l'oxychlorure de magnésium en pâte, de façon à transformer le tout en une masse épaisse que l'on introduit dans des boîtes en cuivre ou en tôle de fer ouvertes d'un côté.

La masse fait prise au bout de quelque temps (on peut accélérer la prise par l'action de la chaleur), et donne des agglomérés poreux de solidité croissante avec la quantité de ciment employé (5 à 10 pour 100).

La figure 2 représente une disposition de la pile à agglomérés. Le vase V est muni d'un couvercle de cuivre E se vissant sur le verre. Ce couvercle porte deux lames verticales de tôle A,A', contre lesquelles sont maintenus des agglomérés prismatiques B,B', au moyen de jarretières en caoutchouc.

La borne C portée par le couvercle constitue le pôle positif. Le zinc est formé par un simple crayon passant dans un tube fixé au centre du couvercle. Le caoutchouc G est replié sur ce

Digitized by Google

tube de façon à produire un joint étanche. Le couvercle porte en outre un autre tube H recouvert par un tube de caoutchouc fendu qui forme soupape. La fermeture est rendue hermétique au moyen d'un bracelet de caoutchouc K qui s'applique sur le verre et sur le couvercle. La même disposition s'applique à des éléments hermétiques à une seule plaque dépolarisante d'un volume très réduit.

L'emploi de vases en fer, fonte ou cuivre, inattaquables par le liquide excitateur, permet de construire facilement des éléments à grande surface et, par suite, à grand débit. Le vase A (fig. 3) formant le pôle positif de la pile est en tôle de fer brasée sur les arêtes verticales : il a 40 centimètres de longueur, 20 centimètres de largeur et 10 centimètres environ de hauteur. On recouvre le fond d'une couche d'oxyde de cuivre et on dispose dans les quatre angles des isolateurs L en porcelaine qui supportent une plaque de zinc horizontale D,D' redressée verticalement à l'une

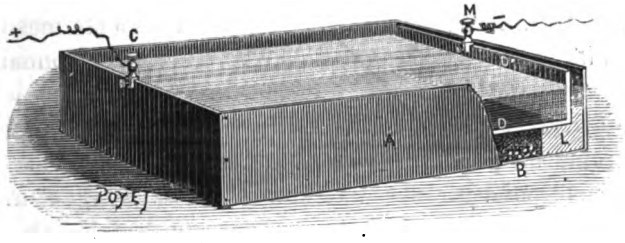


Fig. 3. — Élément grand débit.

de ses extrémités, et maintenue à distance de l'oxyde de cuivre et des parois métalliques du vase ; celui-ci est rempli aux trois quarts par une solution de potasse. Les bornes C et M fixées respectivement au vase de tôle et au zinc constituent les pôles de la pile. Pour éviter l'absorption trop rapide de l'acide carbonique de l'air par la grande surface que présente la solution de potasse, on la recouvre d'une mince couche de pétrole lourd (corps ininflammable et sans odeur) ou on la munit d'un couvercle. Ces éléments se superposent facilement, de façon à occuper peu de place. Les dispositions peuvent d'ailleurs être variées à l'infini, suivant l'application qu'on a en vue.

Comme tous les éléments à dépolarisant solide, cette nouvelle

Digitized by Google

pile présente l'avantage de ne consommer les produits qu'elle contient qu'en proportion de son travail : le zinc amalgamé et le cuivre ne sont en effet nullement attaqués par la solution alcaline.

Voici les résultats d'une expérience que nous avons faite sur un élément du modèle représenté figure 1, au laboratoire de l'École de physique et de chimie industrielle de la ville de Paris. Le poids de l'élément était ainsi réparti :

	grammes.
Verre	454
Capsule en tôle et conducteur	41
Zinc et couvercle en ardoise	419
Oxyde de cuivre	200
Solution de potasse commerciale à 40 pour 100	800
Total	1914

La pile dont la force électromotrice initiale, une heure après le montage, était de 0,98 volt, a été mise en circuit pendant six jours entiers sur une résistance en fil de maillechort de 0,8 ohm. La différence de potentiel aux bornes a été mesurée à l'aide d'un voltmètre gradué de sir W. Thomson. Connaissant alors la résistance extérieure R et la différence de potentiel aux extrémités de cette résistance, il est facile d'en déduire l'intensité du courant, la quantité d'électricité fournie et l'énergie électrique correspondante. Le diagramme ci-contre (fig. 4) montre comment a varié l'intensité du courant pendant les six jours pleins de travail de la pile.

Le courant fourni a été, en moyenne, de un demi-ampère pendant six jours ou 518 400 secondes. La quantité totale d'électricité fournie a été de 259 000 coulombs, le poids de zinc consommé de 88 grammes, ce qui correspond à une production théorique de 260 000 coulombs. C'est là un point des plus importants, très favorable à la pile de MM. de Lalande et Chaperon, car il montre que la consommation est théorique, c'est-à-dire que l'action locale est pratiquement nulle. L'énergie que la pile est susceptible de fournir est donc disponible *à volonté* par fractions quelconques, sans qu'on soit obligé de toucher aux éléments pour retirer le zinc du liquide, comme dans les piles au bichromate de potasse, par exemple.

Le débit moyen utile, disponible, est de 0,02 kilogrammètre

Digitized by Google

par seconde. En six jours, la pile a donc fourni 10 368 kilogrammètres d'énergie électrique disponible. Ce chiffre dépasse les résultats obtenus jusqu'ici avec les accumulateurs sous le même poids, mais il est juste d'ajouter que le débit est beaucoup moins rapide qu'avec ces derniers. Il est d'ailleurs facile d'augmenter ce débit en augmentant la *surface* des éléments et en diminuant la distance de l'oxyde à la plaque de zinc. Le débit augmente alors plus rapidement que le poids et tend à se rapprocher de celui des accumulateurs.

L'élément représenté fig. 3 débite 10 à 15 ampères. Notre réserve s'applique donc surtout aux éléments de petit modèle.

La constance remarquable du débit doit être surtout attribuée à ce que le produit de la réduction est du cuivre métallique bon conducteur, et que la solution de zincate de potasse formée pré-

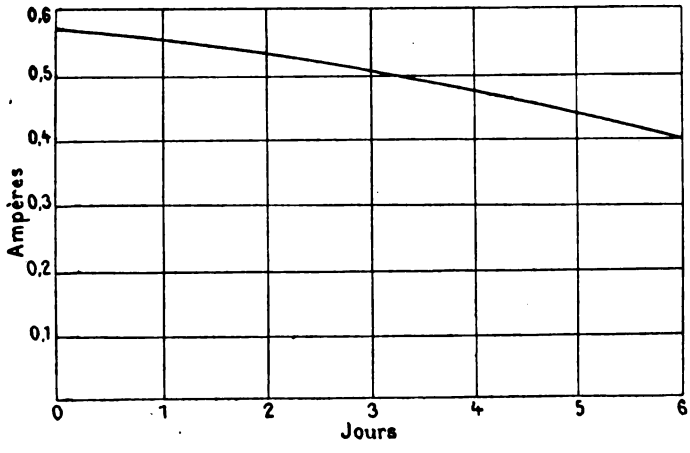


Fig. 4. — Diagramme de la décharge d'une pile de M. de Lalande.

sente une conductibilité voisine de celle de la solution de potasse.

Pour un poids donné de zinc dissous, il faut environ un poids de potasse solide triple et une quantité d'oxyde de cuivre égale à 1,25 fois le poids du zinc. Dans notre expérience, la consommation du zinc n'étant que de 88 grammes, n'a engagé dans la réaction que 260 grammes de potasse solide et 110 grammes d'oxyde de cuivre, c'est-à-dire que la pile était épuisée seulement aux deux tiers environ.

Digitized by Google

Les piles à oxyde de cuivre ont donné des résultats intéressants dans leurs applications aux téléphones. Pour les auditions théâtrales, par exemple, elles permettent d'employer la même batterie pendant toute la durée du service, au lieu d'avoir quatre ou cinq batteries de rechange. Trois éléments ont pu actionner d'une façon continue, nuit et jour, des microphones Edison à pastille de charbon pendant plus de quatre mois, sans affaiblissement sensible.

La seule précaution à prendre lorsqu'on n'épuise les éléments qu'à intervalles et qu'ils doivent durer longtemps, consiste à bien les boucher pour soustraire la potasse à l'action de l'acide carbonique de l'air.

On préfère la potasse à la soude pour les piles ordinaires malgré son prix et son équivalent plus élevés, parce qu'elle ne donne pas, comme la soude, naissance à des sels grimpants.

Divers modes de régénération rendent cette pile économique. Le cuivre réduit absorbe assez facilement l'oxygène par simple exposition à l'air humide et peut servir à nouveau. Un grillage oxydant produit très rapidement le même résultat.

Enfin, en traitant la pile épuisée comme un accumulateur, on ramène les divers produits à leur état primitif : le cuivre absorbe intégralement l'oxygène, et l'alcali se régénère pendant que le zinc se dépose ; mais l'état spongieux du zinc déposé oblige à le soumettre à une nouvelle manipulation ou à le recevoir sur un support de mercure.

L'oxyde de cuivre étant un déchet des ateliers de laminage et de chaudronnerie, destiné à être réduit, ne perd nullement de sa valeur par sa réduction dans la pile : la dépolarisation peut donc être considérée comme se faisant à peu de frais.

La pile à oxyde de cuivre de MM. de Lalande et Chaperon présente des qualités sérieuses de constance et de durée qui lui assurent de nouvelles et nombreuses applications dont les piles connues jusqu'ici n'étaient pas susceptibles, sans compter les applications dans lesquelles elle pourra se substituer avantageusement aux piles actuellement employées. E. Hospitalier.

Digitized by Google

SUR
LE PRIX DU TRAVAIL FOURNI PAR LES PILES
DE MM. F. DE LALANDE ET G. CHAPERON

L'énergie et la constance de cette pile, sa grande capacité d'énergie et son inodorité, semblent lui promettre de nombreuses applications; elle mérite donc d'être étudiée au point de vue de la dépense.

Appliquons-lui la méthode de calcul précédemment indiquée [1].

Le poids de chacun des corps engagés ou libérés par les réactions de la pile est donné par la formule :

$$P = \frac{g}{E} \times n \times \alpha \times 0,^{gr}0368$$

dans laquelle E est la f. e. m. du couple en volts, α l'équivalent chimique du corps, n le nombre d'équivalents intéressés.

Les réactions de la pile de Lalande et Chaperon engagent 1 équivalent de zinc, 1 de potasse (ou de soude), 1 de bioxyde de cuivre, et libèrent 1 de cuivre pulvérulent.

Les valeurs de $\alpha \times 0,0368$ sont :

NOM DU CORPS.	FORMULE.	ÉQUIVALENT CHIMIQUE.	VALEUR DE $\alpha \times 0,0368$.
			grammes.
Zinc.	Zn	32,7	1,2
Potasse	KO.HO	56,1	2,06
Soude.	NaO.HO	40,0	1,47
Bioxyde de cuivre'.	CuO	39,7	1,46
Cuivre	Cu	31,8	1,17

D'après les expériences faites au laboratoire de M. Hospitalier à l'École de physique et de chimie de la ville de Paris, la f. e. m. varie un peu; au moment du montage, elle est de 0,98 volt; après 8 jours d'abandon en circuit ouvert, elle est réduite à 0,88 volt; une fermeture prolongée en court circuit la fait tomber

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 juillet 1883.

Digitized by Google

à 0,65 volt; mais là n'est pas la condition de travail normal. L'expérience de 6 jours relatée dans le précédent article, indique une f. e. m. effective moyenne d'environ 0,8 volt, avec un régime qui était à peu près celui du travail maximum.

Avec cette valeur de E, les valeurs théoriques de P, pour un travail de 3600 kilogrammètres, deviennent :

	grammes.
P, poids du zinc	14,71
P, poids de la potasse	25,26
P, poids de la soude	18,02
P, poids du bioxyde de cuivre	17,9
P, poids du cuivre	14,34

La potasse impure de Croix (Nord), que les inventeurs emploient, est livrée à 0fr,70 le kilo; la teneur de ce produit en alcali caustique étant seulement 0,9, le prix de la potasse est en réalité 0fr,70 : 0,9 = 0fr,78 le kilo. Certaines sortes de soude employables ici, pourraient être obtenues à raison de 0fr,54 par kilo d'alcali réel. Le bioxyde de cuivre brut, obtenu par le grillage des battitures, coûtera environ 1fr,75 le kilo. Quant au cuivre réduit, malgré qu'il soit moins pur et moins beau que celui fourni par les piles Daniell, on l'estimera à 1fr,20, parce qu'il pourrait être utilisé dans la revivification du bioxyde.

Les prix de revient théoriques pour 3600 kilogrammètres seraient donc :

Pour la pile à la potasse :

		francs.
Zinc	0k,01471 à 0f,6	0,0088
Potasse	0k,02526 à 0f,78	0,0197
Bioxyde de cuivre	0k,0179 à 1f,75	0,0313
Total		0,0598

dont il faut déduire :

Cuivre, 0k,0143 à 1f,20	0,0172
Reste net	0,0426

Et pour la pile à la soude [1] :

Zinc	0,0088
Soude, 0k,018 à 0f,54	0,0097
Bioxyde de cuivre	0,0313
Total	0,0498

[1] La pile à la soude n'a pas été expérimentée. On suppose que la f. e. m. est la même avec la soude qu'avec la potasse, elle est propablement un peu plus faible.

Digitized by Google

Dont il faut déduire :

Cuivre	0,0172
Reste net.	0,0326

Le coefficient d'utilisation chimique peut être estimé à 1,5; en adoptant, ici comme ailleurs, le chiffre de 1,3 pour coefficient d'utilisation physique, on trouve :

Pour la pile à la potasse :

Prix de revient pratique de 3600 kilogrammètres effectifs $0^{fr},0426 \times 1,5 \times 1,3 = 0^{fr},083$.

Prix de revient pratique de un cheval-heure $= 0^{fr},083 \times 75 \times 6^{fr},22$.

Et pour la pile à la soude :

Prix de revient pratique de 3600 kilogrammètres effectifs $= 0^{fr},0326 \times 1,5 \times 1,3 = 0^{fr},063$.

Prix de revient pratique de un cheval-heure $= 0^{fr},063 \times 75 = 4^{fr},72$.

Ainsi les couples de Lalande et Chaperon, montés à la soude, auraient une dépense intermédiaire entre celles des piles au bichromate et celles au sulfate de cuivre, sur lesquelles ils ont le grand avantage de ne dépenser presque rien en circuit ouvert.

Les inventeurs espèrent abaisser beaucoup les prix de revient par la mise en pratique de certains procédés de régénération. J'ai moi-même formé, il y a trois ans, des projets analogues pour une pile[1] à la vérité moins simple et moins bonne que celle-ci; j'ai quitté cette voie dès que j'ai pu entrevoir la praticabilité des *accumulateurs*, qui sont des piles *régénérables sans manipulations*.

Néanmoins, par la reprise et le traitement rationnel de leurs résidus, MM. de Lalande et Chaperon peuvent réussir à abaisser les prix commerciaux des matières consommées, de manière à diminuer notablement la dépense de leur pile *primaire*, qui a beaucoup de qualités et peu de défauts. EMILE REYNIER.

[1] *Compt. rend. de l'Acad. des sciences*, 28 juin 1880.

Digitized by Google

CONTROLEUR DE LA MARCHE DES TRAINS

SYSTÈME BRUNOT

Il arrive souvent entre les agents des gares et des trains des contradictions fâcheuses relativement aux heures d'arrivée et de départ à inscrire sur un rapport spécial indiquant la marche des trains entre leurs points extrêmes.

Pour remédier à cet inconvénient et réduire dans la limite du possible les discussions de ce genre, M. Brunot, inspecteur de la traction à la Compagnie du chemin de fer du Nord, a imaginé un appareil extrêmement simple, permettant, après coup, de vérifier lequel des dires est le vrai.

Le principe de l'appareil est des plus simples.

La trépidation d'un train en marche produit l'oscillation d'un pendule dont la masse frappe sur un porte-crayon renfermant un crayon métallique, c'est-à-dire incassable. Par suite des coups répétés qui se produisent, le crayon trace un trait continu représentant le mouvement tandis que l'absence de trait indique l'arrêt.

Les traits sont inscrits sur un carton circulaire divisé en heures et fractions d'heures que met en mouvement un robuste mouvement d'horlogerie. Le pendule et le porte-crayon sont en outre soumis automatiquement à un mouvement de translation vers le centre, décrivant ainsi une spirale et permettant d'employer au besoin le carton pour près de quatre jours.

Le remontage du mouvement d'horlogerie, la mise en place du crayon et du carton n'exigent que la manipulation d'un écrou central.

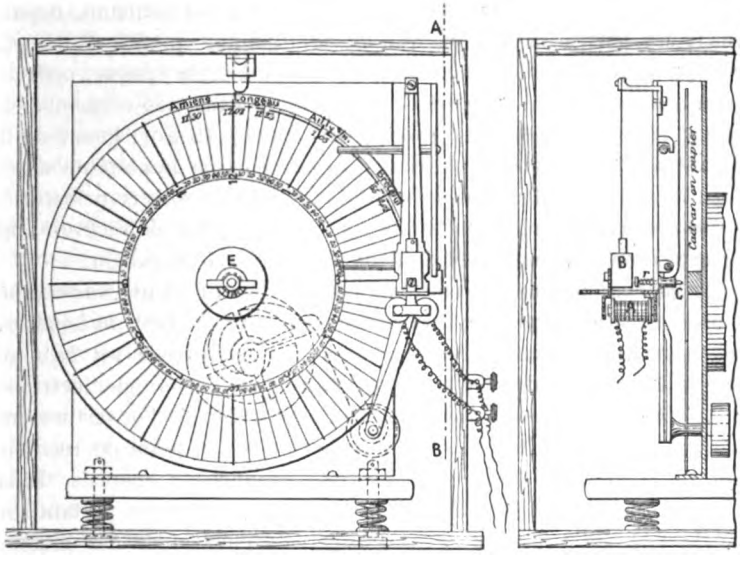
A cet appareil très connu par les services qu'il rend à la Compagnie du chemin de fer du Nord, depuis les quelques années qu'il fonctionne, M. Brunot a eu l'idée d'appliquer l'électricité pour l'utiliser autrement que comme contrôleur de la marche des trains.

Comme on peut le voir par les figures ci-contre, cet appareil diffère peu de l'ancien.

Digitized by Google

Le marteau B du pendule porte une armature de fer doux qu'un électro-aimant A peut attirer lorsqu'un courant passe dans le fil des bobines. Ce mouvement a pour effet de faire appliquer contre le disque en carton, la pointe du crayon fixé dans le porte-crayon. Lorsque le courant cesse d'agir, un ressort antagoniste *r* rappelle le porte-crayon en arrière. L'écrou central E sert au remontage du mouvement d'horlogerie.

Nous avons cru intéressant de faire connaître cet appareil qui nous paraît susceptible d'applications multiples. Nous citerons seulement les deux suivantes :



Élévation. — Vue de face. Coupe AB et vue de côté.

1° Placé en un point quelconque d'une ligne de chemin de fer et principalement au sommet des rampes, cet appareil inscrit l'heure de passage des trains en obtenant le contact électrique soit au moyen d'une pédale ou d'un contact fixe, soit par la mise à l'arrêt d'un électro-sémaphore situé à proximité.

2° Le contrôleur électrique placé dans le bureau de l'ingénieur d'un établissement quelconque, d'une mine, par exemple, permet d'obtenir graphiquement à distance tout le travail des machines d'extraction; l'appareil fonctionnant sous les yeux de

Digitized by Google

l'ingénieur et inscrivant fidèlement la montée et la descente de chaque trait. L. Chenot.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

La lumière électrique et les musées. — La question de l'ouverture des musées, le soir, est à l'ordre du jour depuis plusieurs années. Le musée de South Kensington, de création comparativement récente, a donné le bon exemple en ouvrant, trois soirs par semaine, depuis 1857, ses portes au public, qui en a largement profité d'ailleurs, puisque les tourniquets ont enregistré, depuis cette époque, près de six millions et demi de visiteurs nocturnes. Dans ces occasions, le musée était éclairé au gaz jusqu'à dix heures du soir, heure de la fermeture. Ainsi que nous l'avons dit, une portion importante de ce beau musée a été, depuis environ deux ans, éclairée électriquement, et les nouveaux développements que cet éclairage vient de recevoir font présager son adoption générale dans un avenir très prochain.

Le *Bethnal Green Museum*, une succursale du South Kensington museum, situé dans une partie très populeuse de l'est de Londres, est également ouvert au public le soir, l'éclairage ayant lieu au moyen du gaz. On doit y essayer prochainement l'éclairage électrique au moyen de la bougie Jablochkoff. La question de l'ouverture des musées nationaux, le soir, semble donc être sur le point de recevoir une solution définitive. Dès 1860, une commission spéciale de la Chambre des communes, après une enquête approfondie portant sur la sécurité, la praticabilité, et l'utilité de l'ouverture des musées nationaux le soir, recommandait que ceux-ci soient ouverts, trois soirs par semaine, de sept à dix heures. Cette recommandation est restée lettre morte pour le British Museum et autres musées importants. A cette époque, le gaz était le seul illuminant sur lequel on puisse compter. L'expérience des deux musées précités, pendant une longue période, l'introduction de l'éclairage électrique dans la bibliothèque même du British Museum où elle rend d'éminents services, et les progrès incessants de ce genre d'éclairage contribueront, sans aucun doute, à hâter la solution désirée.

L'année dernière, une centaine de membres du Parlement ont présenté aux conservateurs du British Museum une requête à cet effet, et de nombreuses pétitions arrivent journellement, de tous côtés, à la Chambre des communes; on a donc lieu d'espérer que cette fois

Digitized by Google

encore le progrès et le bon sens public triompheront de la routine. Lorsqu'on songe que les musées et autres établissements de récréation sont fermés le dimanche, l'on ne peut que souhaiter très vivement, dans l'intérêt de la classe laborieuse, que ce résultat ait lieu le plus promptement possible; ce sera un digne corollaire de la loi sur l'instruction obligatoire, en vigueur depuis treize ans et qui promet des résultats admirables.

Éclairage électrique public. — La paroisse du Strand, l'une des plus importantes de Londres après la Cité, vient d'accorder une licence à la *Jablochkoff Electric Light and Power Company*, pour l'éclairage public et privé de ce district. Nombre d'autres compagnies ont obtenu des pouvoirs analogues dans d'autres paroisses. Jusque là, tout est pour le mieux; mais c'est à l'exécution qu'il faut attendre ces différentes compagnies. Beaucoup d'entre elles auront à trouver le nerf de la guerre, c'est-à-dire les moyens financiers leur permettant de s'attaquer à de pareilles entreprises et l'on se demande comment le public accueillera ces expériences sur une vaste échelle qui, en somme, ne seront que des expériences, et comment, les fonds nécessaires une fois à leur disposition, elles les emploieront pour faire ces éclairages pratiquement et économiquement. Bon nombre des Compagnies actuelles ne possède qu'un système à arc, alors que dans une entreprise d'éclairage public et privé, le système à incandescence jouera nécessairement le rôle prédominant; l'emploi concurrent des deux systèmes entraînera, dans l'état actuel de la question, à des complications défavorables à l'économie de l'entreprise. De plus, dans l'état actuel de la question, nous ne voyons pas comment, avec la possibilité d'insérer 5 foyers sur un circuit, comme avec le système Jablochkoff, et même 40, comme avec le système Brush, de pareilles entreprises peuvent être exécutées de la façon pratique et économique désirable, surtout en présence des besoins et des exigences de l'éclairage privé et des complications spéciales dues au climat de Londres. Ce sera certainement une étude intéressante, si elle n'est productive. L'installation des lampes à arc en dérivation résoudrait une grande difficulté et contribuerait singulièrement à la simplification désirable. MM. Siemens, Brothers éclairent la grande serre de l'exposition des pêcheries avec 4 foyers à arc fonctionnant en dérivation, et, très prochainement, une expérience intéressante doit avoir lieu avec une centaine de lampes-soleil fonctionnant en dérivation sur un circuit de la machine Gordon, l'inventeur s'étant gracieusement mis à la disposition de la Société pour toutes les expériences nécessaires. La lampe-soleil ayant une résistance constante

Digitized by Google

semble *à priori* convenir tout particulièrement à l'adoption du couplage en dérivation.

La loi sur l'éclairage électrique. — La loi sur l'éclairage électrique connue sous le nom de *Electric Lighting Act*, soulève des tempêtes. Plusieurs bills concluant à la confirmation d'ordres provisoires rendus par le Board of Trade, d'accord avec les termes de l'Electric Lighting Act, ont été, il y a une semaine, soumis à une commission de la Chambre des communes, et auront force de loi avant la fin de la session actuelle, si tout se passe bien. Le *Metropolitan Board of Works*, auquel le contrôle de l'éclairage électrique échappe par cette loi qui en charge les paroisses et corporations intéressées, se propose d'exercer toute son influence contre les dispositions de la nouvelle loi.

Cette institution a déjà ouvert le feu en présentant une pétition contre l'obtention par la Metropolitan Brush Company d'une licence accordée par le Board of Trade pour l'éclairage de la paroisse de Chelsea, et sanctionnée par les autorités de cette paroisse. Cette opposition créera sans doute des retards, mais espérons qu'il n'en résultera rien de plus grave. Ces retards seront sans doute fâcheux et ne contribueront pas à rendre le Metropolitan Board of Works populaire; ils seront le sacrifice inévitable à la routine, mais finalement, l'industrie électrique triomphera de même qu'ont triomphé toutes les grandes industries qui ont rencontré, dès leur berceau, des oppositions non moins vives et intéressées.

La compagnie Swan prépare une installation considérable pour éclairer le quartier aristocratique de Kensington, elle établit dans ce but un moteur de 600 chevaux.

L'électricité a l'Exposition des machines et métaux. — Une Exposition vient de s'ouvrir le 5 courant, dans le grand bâtiment de Agricultural Hall, sous le nom de *Engineering and Metal Trades Exhibition;* elle doit se terminer le 21. Cette Exposition, d'un caractère purement mécanique et métallique, comprend quelques objets se rattachant à l'industrie électrique; nous allons les décrire brièvement : Tout d'abord, au milieu de la grande halle, une énorme chaudière à foyer en tôle gondolée (*corrugated flues*), et exposée par la Compagnie des forges de Leeds, attire l'attention. La portion de cette chaudière, située au-dessus des carneaux, a été transformée en un élégant boudoir éclairé par sept lampes à incandescence alimentées par une batterie de 16 grosses piles électriques.

Quatre autres foyers semblables sont répartis sur les rampes de l'escalier qui donne accès à ce boudoir et disposés sur des sujets orne-

Digitized by Google

mentés. Les lampes ont une puissance nominale de 5 candles, mais elles en fournissent à peine une, la lumière électrique ici n'est qu'un prétexte ; il est néanmoins fâcheux que les exposants qui l'ont installée n'aient pas réussi à obtenir de meilleurs résultats, ce qui ne présentait pas de bien grandes difficultés.

Les moteurs à gaz abondent, comme pour établir une compensation à l'absence du moteur si connu *Otto*. Le moteur *Bisshopp* y figure nécessairement avec le *Steel silent gas engine*, exposé par M. Robert Steel, ingénieur gazier de Leeds, type horizontal ressemblant à s'y méprendre, comme aspect extérieur du moins, à la machine Otto ; ce moteur est fabriqué de 1/2 à 10 chevaux de force ; le *Reliance gas engine*, type vertical dont les types varient de puissance depuis deux hommes à un cheval-vapeur ; l'*Atkinson gas engine*, type vertical depuis un homme à trois chevaux-vapeur ; le *Leeds gas engine*, type vertical de 1/2 cheval à 10 chevaux. Ce moteur possède quelques particularités intéressantes, et nous en donnerons ultérieurement une description ; dans la journée, un petit moteur de ce type actionne des machines-outils, et dans la soirée il fait fonctionner une petite machine Brush et un foyer à arc d'un système inconnu.

Une machine à vapeur rotative pesant 40 kilogrammes, fonctionnant à 5 kilogrammes de pression, tournant à 1000 tours à la minute et donnant 30 chevaux au frein, actionne directement une machine Edison de 60 lampes modifiée par le docteur Hopkinson, de manière à donner 200 lampes de 16 candles, et fait fonctionner, le soir, 100 foyers répartis sur la surface de l'Exposition de MM. Mather et Platt, de Manchester, les fabricants du moteur en question.

Signalons un nouveau régulateur électrique dont nous comptons donner une description ultérieurement, dû à M. Blechynden.

Lorsque j'aurai ajouté que la maison Exton et C° expose de très beaux modèles de tuyaux en acier, joints, etc., convenables pour les câbles souterrains d'éclairage électrique, et que la *Mica Lubricant Company* de South Shields expose de nombreux spécimens de graisse de mica, employée en particulier par plusieurs Compagnies d'éclairage électrique pour lubréfier les machines dynamo-électriques, j'aurai terminé avec ce qui intéresse plus spécialement les Electriciens dans cette importante Exposition.

Le professeur John Tyndall et le Board of Trade. — Le professeur J. Tyndall vient de résilier sa position de conseiller scientifique auprès du *Board of Trade and Trinity House*, en raison d'une divergence d'opinion survenue entre le *Trinity House* (corporation chargée du service des phares) et les commissaires des Phares de l'Irlande,

Digitized by Google

au sujet des mérites respectifs de l'huile et du gaz employés à l'éclairage des phares.

Nous donnerons ultérieurement un aperçu succinct de la cause du litige dont le résultat est évidemment déplorable au point de vue de la science et surtout du progrès dont le professeur Tyndall est l'apôtre évident.

Nécrologie. — Il est de notre pénible devoir de noter la mort de deux personnages qui laisseront un grand vide et de vifs regrets dans le monde scientifique.

Le 26 juin s'éteignait le général Sir Edward Sabine, président de la *Royal Society* de 1861 à 1871, né à Dublin en 1788, et par conséquent âgé de quatre-vingt-quinze ans. Le lendemain même, le 27 juin, la mort de M. William Spottiswode, président actuel de la *Royal Society*, était annoncée. M. Spottiswode n'avait que cinquante-huit ans et n'était président de la *Royal Society* que depuis 1879. Dans un très prochain numéro, nous donnerons un aperçu des travaux de ces deux remarquables savants, dont l'un, M. W. Spottiswosde a reçu les honneurs d'un enterrement à Westminster Abbey, le Panthéon des grands hommes de l'Angleterre.

Un succédané de la gutta-percha. — Un chimiste allemand, M. Maximilien Zingler vient de faire breveter un nouveau produit destiné a remplacer la gutta-percha. En voici la composition :

50 kilos de copal en poudre ; 7 kilos 1/2 à 15 de soufre sublimé mélangé avec le double d'huile de térébenthine ou avec 55 à 66 litres de pétrole, le tout chauffé et agité, à une température de 122 à 150 degrés centigrades jusqu'à dissolution complète. La masse est alors refroidie à 38 degrés centigrades et mélangée avec 3 kilos de caséine dans de l'eau ammoniacale faible et dans laquelle un peu d'alcool et d'esprit-de-bois ont été ajoutés.

La masse est chauffée de nouveau de 120 à 150 degrés centigrade jusqu'à parfaite liquéfaction et alors bouillie avec une solution de 15 à 25 pour 100 de brou de noix et $0^{kil},5$ environ d'ammoniaque. Après une ébullition de quelques heures, la masse est refroidie, lavée à l'eau froide, agitée dans un bain d'eau chaude, pressée et séchée. La matière ainsi obtenue possède les mêmes qualités que le caoutchouc et serait, paraît-il, susceptible de recevoir les mêmes applications, tout en permettant de réaliser une grande économie. J.-A. Berly.

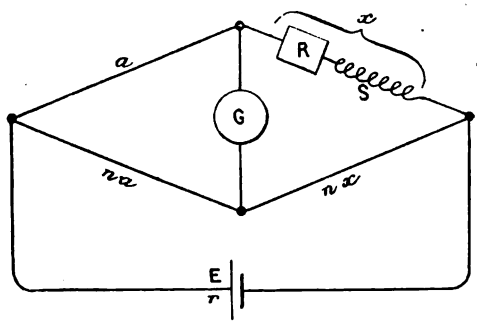
Digitized by Google

MESURE DES RÉSISTANCES ÉLECTRIQUES

AVEC UN COURANT CONSTANT

PAR M. SHELFORD BIDWELL[1]

La résistance électrique d'un corps varie souvent avec l'intensité du courant qui le traverse. Ainsi, par exemple, la résistance du filament des charbons d'une lampe à incandescence est moindre avec un courant intense qu'avec un faible courant. Ce fait est incontestablement dû à l'échauffement du filament. M. le professeur Adams a aussi trouvé que la résistance du sélénium diminue lorsque l'intensité du courant qui le traverse augmente. Il en est de même avec des mélanges de soufre et de charbon, mais le fait est surtout frappant avec les contacts microphoniques. Ainsi, par exemple, deux crayons de charbon



disposés à angle droit l'un sur l'autre et mis en contact avec une pression de 5 centigrammes présentaient une résistance de 11 ohms avec un courant de 0,1 ampère et 68 ohms avec 0,001 ampère. En remplaçant les crayons de charbon par des cylindres de bismuth, les mêmes courants ont fourni respectivement des résistances de 5 ohms et de 182 ohms.

Sans affirmer que les résistances mesurées dans ces cas particuliers et dans des cas analogues représentent les résistances *vraies*, il est cependant quelquefois avantageux de les considérer comme telles, et,

[1] Communication faite à la Société de physique de Londres le 24 mai 1883.

Digitized by Google

pour rendre les comparaisons possibles, il faut évidemment employer dans les mesures des courants toujours de même intensité. La méthode ordinaire d'emploi du pont de Wheatstone se trouve ici en défaut, car l'intensité du courant qui traverse la résistance à mesurer varie en raison inverse de cette résistance. Il suffit d'apporter une modification très simple au montage ordinaire pour avoir toujours une intensité constante pendant une longue série de mesures.

La figure ci-dessous montre le montage adopté. x, nx, a, na sont les quatre bras d'un pont de Wheatstone, S la résistance inconnue et R une boîte de résistance intercalée dans le même bras. Soit E la face électromotrice de la pile, r sa résistance intérieure, I l'intensité du courant qui traverse le bras dans lequel se trouve S. Lorsque l'équilibre est établi, on a :

$$I = \frac{n}{n+1} \times \frac{E}{r + \frac{n(a+x)^2}{a+x+n(a+x)}}$$

d'où :

$$I = \frac{nE}{r(n+1) + n(a+x)}.$$

Cette équation permet de calculer la valeur qu'il convient de donner à x pour avoir une intensité donnée I dans le bras qui renferme la résistance. Après avoir déterminé ainsi x, on intercale n fois cette résistance dans le bras nx et l'on ajuste la boîte R jusqu'à l'équilibre. On sait alors que :

$$x = R + S$$

d'où l'on tire :

$$S = x - R$$

pour une intensité de courant I dans le bras x.

Une seconde résistance peut être substituée à la première et mesurer de même sans toucher au bras nx, en ajustant simplement R.

On doit seulement choisir a, n et E de façon que x soit plus grand que la résistance à mesurer, et, en général, il faut faire la résistance de l'ensemble du pont la plus grande possible.

Cette méthode présente sur toutes les autres qui pourraient être employées dans le cas particulier cet avantage que, comme il n'est jamais nécessaire de fermer le circuit plus d'un instant, la force électromotrice de la pile et sa résistance intérieure peuvent rester sensiblement constantes pendant une longue série d'expériences.

Digitized by Google

ÉCLAIRAGE DES TRAINS PAR LA LUMIÈRE ÉLECTRIQUE

Ce n'est qu'après l'apparition des lampes à incandescence, permettant la division de la lumière, que les Compagnies de chemins de fer s'occupèrent sérieusement d'éclairer leurs trains par la lumière électrique. Les défauts et inconvénients de l'ancien système d'éclairage sont d'une importance telle, que l'on se demande s'il y a lieu de les rappeler : insuffisance de lumière, et ce, malgré tous les perfectionnements apportés jusqu'à ce jour, danger d'incendie, chaleur insupportable en été, surtout dans les voitures de l'administration des postes, enfin prix de revient élevé.

Mais aussi longtemps que l'on ne savait produire la lumière électrique que par l'application directe des machines dynamo-électriques aux lampes à incandescence, le problème était des plus ardus, car pendant l'arrêt ou le ralentissement du train, les appareils cessaient de fonctionner. Toutefois on ne se laissa pas décourager par cet obstacle, et il faut enregistrer, à cette époque, les essais des Compagnies françaises qui cherchaient à tourner cette difficulté en plaçant dans un des wagons un moteur spécial pour l'éclairage du train et la production des signaux. Dans des essais ultérieurs, les appareils s'étant éteints subitement à la suite d'un accident arrivé au moteur, on comprit que ce système n'offrait pas la sécurité voulue.

A la même époque, une Compagnie autrichienne, suivant le même ordre d'idées, construisit un wagon analogue et abandonna cette solution pour les mêmes raisons. Les Américains s'obstinèrent dans cette voie et appliquent encore aujourd'hui ce système sur quelques lignes de second ordre.

La vogue des piles secondaires donna un nouvel élan à ces recherches. C'est l'Angleterre qui la première se sert des accumulateurs pour l'éclairage des trains. Il suffit de consulter les journaux anglais et français de cette époque, fin 1882, pour se rendre compte de l'enthousiasme que souleva cette innovation. Voici d'ailleurs comment le problème avait été résolu pour un train rapide de la ligne *London-Brighton* (avec la collaboration d'un ingénieur électricien autrichien).

Ce train se compose de 5 voitures *Pullmann*, communiquant toutes entre elles, et ayant chacune une destination spéciale : salon, fumoir, restaurant, dames seules, etc. — Chaque voiture était éclairée par 8 lampes Swan de 15 candles; ces 40 lampes étaient desservies par

Digitized by Google

36 accumulateurs, pesant 45 kilogrammes pièce, installés dans le fourgon. La distribution se faisait en tension et une disposition spéciale permettait d'éteindre une ou plusieurs lampes sans influer sur les autres. La durée totale de ce voyage, y compris les arrêts, n'est que de cinq heures. A chaque station extrême, Victoria et Brighton, était installé un moteur à gaz, et se trouvait une batterie chargée, en réserve.

Cette solution à notre avis n'est pas pratique, non pas au point de vue de la sécurité, mais au point de vue économique, et la preuve c'est que la Compagnie anglaise n'a guère trouvé d'imitateurs. Mais il ne faut considérer ce système que comme le premier pas fait dans la bonne voie. Le progrès à réaliser consistait à charger les accumulateurs dans le train même, soit au moyen d'un moteur spécial, soit à l'aide de la locomotive. L'expérience a montré que, dans l'un et l'autre cas, deux batteries étaient nécessaires, dont l'une actionne les lampes, tandis que l'autre se charge. Il en résulte nécessairement une mise de fonds double, et des temps d'arrêt pour intervertir le rôle des batteries. En se servant de la locomotive, outre l'inconvénient de lui soustraire une partie considérable de sa puissance, on rencontre de grandes difficultés toutes les fois qu'il y a lieu de la détacher du train, pour la conduire à la grue d'alimentation, ou pour la remplacer.

La Compagnie royale des chemins de fer du Wurtemberg sortit la première des sentiers battus jusqu'ici, et fit actionner la machine dynamo-électrique par un des essieux du wagon qui la portait. C'était un grand progrès au point de vue de l'économie et de la sécurité. Lors des essais sur la ligne Frankfurt-Hanau on se heurta cependant à de nombreuses et sérieuses difficultés.

En effet le travail fourni par la batterie aux lampes devant être constant, quand la batterie en activité commence à s'épuiser, il y a lieu, ou d'introduire dans le circuit de nouveaux éléments, ou de remplacer la batterie épuisée par celle qui vient d'être chargée. Dans ce cas comme dans l'autre, il faut une main exercée, et si rapidement que cette opération soit faite, elle entraîne nécessairement l'extinction momentanée des lampes. L'emploi de deux batteries est d'ailleurs indispensable. Supposons en effet que l'on ne se serve que d'une batterie qui, tout en fournissant les lampes, se charge sous l'influence de la machine dynamoélectrique actionnée par le train en marche; et soient x et y les nombres de volts et d'ampères nécessaires pour rendre les lampes incandescentes, et fournis par les accumulateurs quand le train est au repos; quand le train sera en marche, la charge de la batterie augmentera et fournira $x + x^1$ volts, $y + y^1$ ampères et les lampes seront brûlées. Ajoutez à cela que cet excès x^1 et y^1 de

Digitized by Google

volts et d'ampères n'est pas constant, et qu'il est fonction de la vitesse du train. Il faudrait donc distraire un certain nombre des plus variables d'éléments suivant l'allure du train, pour obtenir un éclairage constant, et il n'est pas d'ouvrier assez habile pour exécuter instantanément une manœuvre aussi délicate.

Ce ne sont d'ailleurs pas les seules difficultés à vaincre. En effet si le train vient à reculer, les extrémités des balais de la dynamo dépassent la limite de séparation des champs du collecteur et occasionnent de grands désordres; le renversement subit des pôles est également à craindre.

Il s'agissait donc de trouver un moyen automatique d'accomplir ces diverses manœuvres, c'est ce qu'a tenté de faire la Compagnie de la *Süd-Bahn* pour le train express de Vienne à Trieste, et il paraîtrait que le succès est complet, bien que ce cas particulier présente des difficultés extraordinaires.

En effet le trajet dure tout une nuit et le profil de la voie, des plus variés, entraîne des vitesses variant de 28 à 64 kilomètres à l'heure. Les études portèrent à la fois sur les accumulateurs, la machine dynamoélectrique, et l'appareil compensateur automatique.

Les accumulateurs, d'un système particulier à l'inventeur, pèsent 17 kilogrammes et fournissent 290 ampères-heures. 28 éléments suffisent pour desservir 40 lampes de 8 candles chacune, pendant les arrêts du train.

La machine dynamoélectrique, due à la raison *Egger Kremenezky et Co*, ne pèse que 340 kilogrammes et fournit un courant d'au moins 100 volts et 50 ampères, au maximum de vitesse du train, correspondant à 1200 tours. — Elle est munie d'un double collecteur, pour rendre tout à fait impossible un renversement des pôles; un des collecteurs travaillant en excitation, peut résister au courant de toute la batterie, à la vitesse même de 400 tours, et les fils peuvent supporter l'échauffement résultant d'une vitesse de 1000 tours, sans aucun inconvénient.

Quant à l'appareil compensateur automatique, on lui demande :

1° de veiller à ce que la dynamo fournisse un courant constant à la batterie;

2° de veiller à ce que la batterie fournisse un courant constant aux lampes ;

3° de fournir instantanément et directement aux lampes l'excès d'activité de la dynamo par suite de l'accélération de la vitesse;

4° de parer instantanément à l'arrêt ou au ralentissement du train ;

5° d'empêcher le recul du train de produire des désordres.

Digitized by Google

L'inventeur a bien compris que toutes ces irrégularités étaient intimement liées au mouvement de l'arbre de la dynam oet que, par suite, c'était à lui d'actionner l'organe compensateur.

A cet effet la dynamo est munie d'un régulateur à boules intéressé au mouvement de son arbre par des engrenages coniques. La douille mobile de ce régulateur porte une tige horizontale qui s'élève et s'abaisse par suite des variations de la vitesse de rotation. Au-dessous de cette tige horizontale, se trouvent deux séries de contacts: chaque série est disposée en demi-cercle sur un gros disque de verre vertical. Les contacts du disque supérieur établissent la communication de la dynamo avec la batterie; ceux du disque inférieur font communiquer la batterie avec les lampes. Chacun de ces disques porte une aiguille et ces deux aiguilles sont entraînées simultanément et parallèlement entre elles par une tige verticale isolante reliée à la tige horizontale du régulateur.

Quand l'aiguille passe d'un contact au contact immédiatement suivant, un nouvel élément est distrait de la batterie ou y est introduit, suivant le sens de rotation, de sorte que la constance du courant qui alimente les lampes est assurée.

Il restait encore à neutraliser les effets du recul du train. Dans ce but l'arbre de la dynamo porte une petite poulie interrompue en un certain point, et tournant librement tant que la machine se meut dans le sens convenable; mais aussitôt que le mouvement de sens inverse se produit, elle est forcée par un ressort d'entrer dans le cœur d'un excentrique qui entraîné par elle agit sur un levier; ce dernier décrit alors un arc de 15 degrés et dans ce mouvement soulève tous les balais de leurs contacts. Un dixième de tour en arrière suffit pour produire cet effet, la dynamo peut alors tourner à vide en sens inverse, et reste complètement inerte. En ce moment l'aiguille du disque supérieur est sur une partie isolante; celle du disque inférieur est au point correspondant au mode d'éclairage relatif aux arrêts du train, de sorte que le mouvement de recul pourrait se prolonger sans inconvénient durant le parcours de plusieurs kilomètres.

Il semble évident à première vue que tel est le mode le plus sûr et le plus pratique d'obtenir l'éclairage électrique des trains, et si la *Süd-Bahn* a pu réussir dans un cas particulier où les difficultés étaient extraordinaires, il n'y a pas de doute que le succès soit certain dans les cas usuels où l'on n'a à tenir compte ni d'une durée aussi considérable, ni de vitesses aussi variables. (*der Electro-Techniker*).

Digitized by Google

L'ÉCLAIRAGE ÉLECTRIQUE

APPLIQUÉ A LA MICROGRAPHIE

La lumière électrique par incandescence réalise l'éclairage par excellence que peut demander le micrographe. Cette question a fait, depuis près de deux ans, l'objet des recherches de M. le docteur Van Heurck, directeur du jardin botanique d'Anvers, et nous croyons être utile à nos lecteurs en résumant ici un travail que vient de publier M. Van Heurck sur ce sujet intéressant, en laissant de côté ce qui a plus spécialement rapport à la source électrique.

Le micrographe peut utiliser tous les genres de lampes. Toutefois, les régulateurs à arc voltaïque ne viendront guère à propos que dans quelques expériences de photomicrographie. Ce sont les lampes à incandescence qui seront utilisées habituellement. On en distingue de deux sortes : les lampes à incandescence à air libre et celles à incandescence dans le vide ou les gaz raréfiés.

La lumière produite par l'incandescence à l'air libre est vive et douce à la fois, et l'on obtient la valeur de plusieurs becs Carcel, avec un petit nombre d'éléments ou d'accumulateurs. Cette lumière bleuâtre est très propre aux expériences de photomicrographie, mais nous la trouvons trop vive pour les travaux habituels.

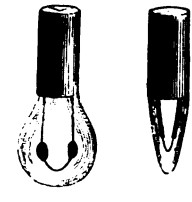


Fig. 1. — Lampes Stearn.

Les principales lampes à incandescence dans le vide sont celles d'Edison et de Swan. Celles de Maxim sont à incandescence dans un hydrocarbure raréfié, et dans celles de Nothomb le filament est incandescent dans l'azote.

Nous avons essayé ces diverses lampes, mais ce sont les lampes de Swan que nous employons journellement. Ce sont celles qui conviennent le mieux au micrographe, tant parce que leurs filaments incandescents sont réunis dans un petit espace, que parce qu'on peut les faire marcher avec une force beaucoup plus faible que les autres.

Les lampes que nous employons spécialement pour le microscope sont petites : elles ont environ 3 centimètres de diamètre, elles peuvent donner une vive lumière et n'exigent qu'une force électromotrice d'environ 6 à 7 volts. On les fait donc marcher convenablement avec

Digitized by Google

quatre accumulateurs et une résistance que l'on interpose et que l'on diminue au fur et à mesure que les accumulateurs s'épuisent.

Pour bien charger quatre accumulateurs on doit employer seize

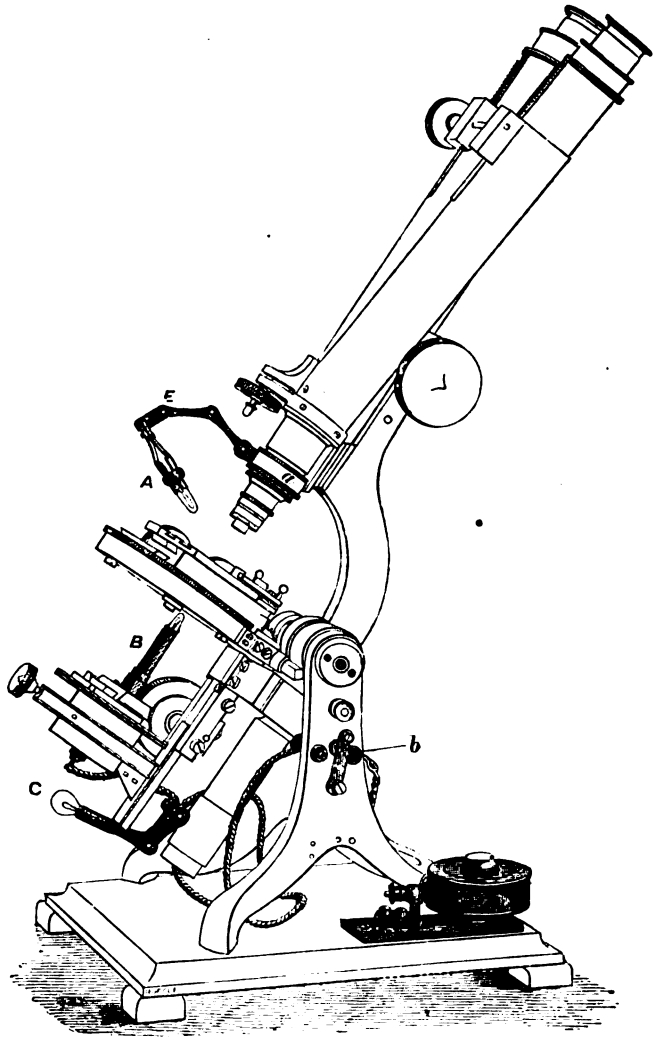


Fig. 2. — Microscope disposé pour l'éclairage par trois lampes à incandescence.

éléments Reynier ; on peut cependant y parvenir encore avec douze éléments, soit trois éléments par accumulateur, mais la charge se fait

Digitized by Google

alors beaucoup plus lentement. Cela ne présente cependant guère d'inconvénient pour le micrographe.

Il y a peu de temps, M. Stearn, le collaborateur de M. Swan, a fait établir de nouvelles lampes destinées spécialement à l'éclairage du microscope. Ces lampes (fig. 1), sont de deux sortes : les unes, A, donnent une lumière plus vive que les autres, et sont destinées aux expériences de polarisation et à la photomicrographie ; les autres, B, ont un filament plus court et servent à l'éclairage ordinaire. Elles n'exigent qu'une force électromotrice de 3 1/2 volts et un courant de 1 1/4 ampère et ne demandent donc que deux accumulateurs. Leur puissance lumineuse équivaut à environ une bougie, mais elles peuvent être poussées au besoin à 2 1/2 bougies environ pendant quelques moments.

Voyons maintenant quels sont les avantages que le micrographe retirera de l'emploi de la lumière électrique. Ces avantages sont de deux sortes. L'éclairage électrique par incandescence surpasse tout autre éclairage. Il a la douceur des bonnes lampes à pétrole et montre les détails délicats presque aussi bien que la lumière monochromatique. Les stries délicates de l'*Amphipleura* et le 19e groupe du test de Nobert se voient avec une netteté parfaite.

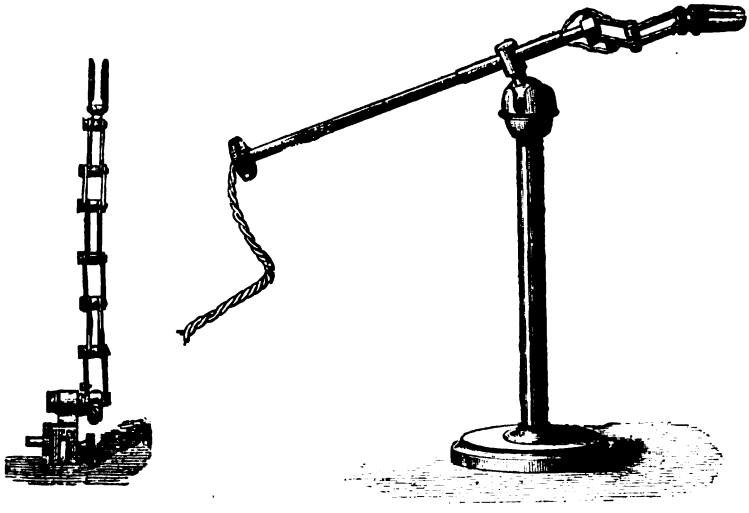


Fig. 3 et 4. — Pieds porte-lampes.

M. le professeur Abbe, à qui nous avons fait part du résultat de nos recherches, en a trouvé l'explication théorique. Il l'attribue à deux causes :

1. La plus grande blancheur de la lumière. Par suite, la lumière

Digitized by Google

renferme plus de rayons bleus et violets. Or, comme il a été démontré, par les mensurations faites par M. le professeur Abbe, dans les divers éclairages monochromatiques, que le pouvoir séparateur d'un objectif d'une ouverture donnée croît dans le même rapport que la longueur d'onde de la lumière employée diminue, il en résulte que la lumière électrique doit montrer plus facilement les détails délicats que la lumière jaunâtre du gaz ou des lampes.

2. L'intensité spécifique de la lumière électrique étant beaucoup plus considérable que celle des autres lumières artificielles, on obtient un éclairage suffisant avec un pinceau lumineux beaucoup plus étroit que celui qu'il faudrait employer pour obtenir la même intensité lumineuse avec l'éclairage par le gaz ou par la lumière diffuse du jour. On peut donc employer des rayons beaucoup plus obliques.

Pour employer la lumière électrique, nous posons la lampe dans une petite caisse dont le couvercle est percé d'une ouverture formée par une glace. Le microscope est posé sur la caisse, le miroir ayant été préalablement écarté de l'axe ou totalement enlevé. La lumière de la lampe est alors concentrée par une lentille plano-convexe et dirigée dans le condenseur du microscope. C'est par le maniement de ce dernier que nous modifions l'éclairage.

Pour l'emploi des lampes de M. Stearn, MM. Mawson et Swan ont fait établir un microscope spécial dont nous allons donner la description.

Le microscope (fig. 2) tout entier est monté sur une platine métallique, les lampes sont fixées d'une manière permanente sur l'instrument, dont les diverses parties métalliques jouent le rôle d'un des conducteurs. Trois lampes sont attachées au microscope. La première, A, sert à l'éclairage des corps opaques; elle est attachée au-dessus des objectifs par un collier *a* qui permet la rotation de la lampe en même temps que la tige articulée E permet de l'éloigner ou de la rapprocher de l'objet à éclairer.

La deuxième lampe, B, est placée dans le substage; elle peut, en glissant dans une coulisse, être poussée latéralement, afin de produire l'éclairage oblique.

Enfin, une troisième lampe, C, dont la puissance éclairante est plus forte que celle des précédentes, est attachée à une tige articulée en place du miroir. Cette lampe sert pour les expériences de polarisation et de photomicrographie, de même que pour l'éclairage des condenseurs.

Une résistance constituée par une bobine à fil d'acier D, permet de diminuer ou d'augmenter l'intensité du courant; un commutateur à trois directions *b*, permet de faire passer à volonté le courant dans l'une quelconque des trois lampes.

Enfin, de petites montures isolées (fig. 3 et 4), permettent l'emploi,

Digitized by Google

plus ou moins commode, il est vrai, de la lumière électrique dans un microscope quelconque non disposé spécialement pour cet usage.

Pour éclairer les lampes Stearn, M. Swan emploie : ou bien deux accumulateurs, ou bien une batterie de cinq éléments Leclanché à grande surface.

Chacun de ces éléments porte au centre un charbon artificiel creusé de six grandes cannelures qui reçoivent chacun un gros cylindre de peroxyde de manganèse aggloméré. Cet ensemble est renfermé dans une enveloppe de grosse toile d'emballage et maintenu par des lanières en caoutchouc.

Un épais cylindre de zinc amalgamé entoure le dispositif que nous venons de décrire, et le tout plonge dans un vase de grès renfermant une solution sursaturée de chlorure d'ammonium.

Cette batterie, une fois montée, se maintient en bon état pendant plusieurs mois, mais les observations ne peuvent guère se faire que pendant une heure environ. Après ce temps on est obligé de donner quelques instants de repos à la pile avant de pouvoir faire une nouvelle observation.

Toutes ces dispositions sont parfaitement comprises, et l'emploi de ces appareils rendra des services signalés aux micrographes, surtout à ceux qui n'ont pas une installation électrique complète.

L'éclairage électrique présente enfin l'avantage de permettre à tout instant au micrographe de photographier l'objet qui se présente dans le champ du microscope.

Le procédé au gélatino-bromure est le plus simple. Nous nous servons des plaques qui sont excellentes et se conservent indéfiniment, et, comme appareil photographique, de la petite chambre photographique de MM. Ross, qui s'adapte au microscope en place de l'oculaire.

On expose la plaque, mise dans le châssis de la façon habituelle, pendant un temps variable, d'après la lumière et le grossissement employé. Nous avons obtenu d'excellents clichés avec le 1 1/0e homogène de Tolles, en dix minutes.

Le cliché obtenu, on en tire des épreuves positives à la façon ordinaire, ou on peut encore en obtenir des positifs agrandis sur papier au gélatino-bromure. Il suffit pour cela de projeter le cliché à l'aide d'un appareil de projection — un simple Sciopticon peut suffire — sur une feuille de papier au gélatino-bromure, à qui l'on fait ensuite subir la même série d'opérations qu'au cliché.

Digitized by Google

LA LAMPE NOTHOMB

Cette lampe à incandescence se distingue de ses devancières par la nature du filament incandescent et le mode de fabrication. Ce filament est constitué par de la cellulose carbonisée dans une atmosphère carburée qui l'imprègne de charbon. Il a un millimètre de largeur et quatre dixièmes de millimètre d'épaisseur; sa longueur dépend de l'intensité lumineuse qu'on désire obtenir. L'atmosphère du globe de verre dans lequel elle est scellée se compose d'azote, d'hydrogène ou de tout autre gaz inerte.

Le filament est fixé à des conducteurs de cuivre rouge à l'aide d'un ciment spécial, composé d'un mélange de mousse de platine et d'une matière organique, mélasse ou sucre qui, en se carbonisant, produit un charbon très serré et très consistant. La durée, d'après les expériences faites, serait de 800 à 1000 heures; la puissance lumineuse de 30, 50, 100 et 300 bougies; de là quatre types A, B, C et D, qui fonctionnent avec des intensités de 1 à 3 ampères et des tensions de 45 à 100 volts, suivant la puissance lumineuse.

En calculant la dépense d'énergie correspondante à ces constantes, et en la rapprochant de la puissance lumineuse, on voit que la lampe Nothomb fournit, comme tous les foyers à incandescence, une lumière de 250 à 300 bougies par cheval d'énergie électrique.

Le type D, de 300 bougies, comporte 3 filaments: il exige 100 volts et 9 ampères ou 300 volts et 3 ampères, suivant que les trois filaments sont couplés en tension ou en quantité. Tout en adoptant la forme de filament en fer à cheval, l'inventeur reconnaît que les meilleurs résultats ont été obtenus avec des filaments en spirale. C'est du reste le même effet que l'on constate avec des conducteurs incandescents formés de spirales en fil de platine qui demandent une somme d'énergie électrique moins grande pour être portés à un certain degré d'incandescence lorsqu'ils sont roulés en spirale que lorsqu'ils sont droits, ou simplement recourbés en U. Il est probable que les difficultés de fabrication des filaments de charbon en spirale empêchent seules leur emploi industriel, car ils réaliseraient une véritable économie de force motrice, point des plus importants dans l'éclairage électrique par incandescence.

Digitized by Google

L'ÉCLAIRAGE PAR INCANDESCENCE

COMMUNICATION DE M. WILHELM SIEMENS A LA SOCIÉTÉ ÉLECTROTECHNIQUE DE BERLIN

(SUITE ET FIN)[1]

Tout ce que nous avons dit jusqu'ici repose sur l'hypothèse d'une même température, d'une même substance et d'une même nature de surface du charbon. Nous allons maintenant entrer plus avant dans l'étude de ces questions.

A un certain travail fourni par le courant dans le charbon, et représenté par *ei*, correspond, ainsi que nous l'avons vu, une valeur déterminée de rayonnement. Ce rayonnement peut être de nature très diverse. Il est essentiellement constitué par un mouvement vibratoire de l'éther ; la qualité d'un rayon résulte de la longueur de l'onde ou de la durée de l'ondulation, tandis que son intensité dépend de l'amplitude de cette ondulation.

Les rayons calorifiques obscurs, lumineux et chimiques se distinguent par leur durée d'ondulation. Le maximum d'action calorifique réside dans les rayons obscurs. La qualité d'un rayon dépend uniquement de la température. La température exerce une double influence sur la condition du rayonnement. Elle augmente d'abord l'intensité de chaque rayon pris isolément, et, en second lieu, son accroissement vient ajouter aux rayons précédents de nouveaux rayons de moindre longueur d'onde ou de plus grande réfrangibilité. Par suite, un corps porté à l'incandescence blanche contient plus de rayons rouges que lorsqu'il est à l'incandescence rouge. D'après Draper, tous les corps commencent à émettre des rayons lumineux à la même température (525 degrés).

Quand un corps fixe est porté à une certaine température, il émet un mélange des divers rayons, depuis ceux aux plus grandes ondes jusqu'à ceux aux ondes les plus courtes, correspondants à cette température. Mais la valeur de ce rayonnement dépend encore de l'amplitude des rayons isolés qui est elle-même fonction du pouvoir émissif de la surface du corps rayonnant. D'après Dulong et Petit, le rayonnement, la température et le pouvoir émissif sont reliés par la relation : $R = ma^t$, dans laquelle R est le rayonnement total, m le pouvoir émissif, t la température et a une constante.

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 juillet 1883, p. 74.

Digitized by Google

D'après cette relation, l'importance de t vis-à-vis de m, au point de vue de la grandeur du rayonnement, tient à la double action de la température dont nous avons déjà parlé. Plus t et m sont considérables, plus est grand le rayonnement total qui est en outre proportionnel à la surface du corps éclairant. Pour les lampes à incandescence, les valeurs de t et de m, en ce qui concerne leur influence sur le rayonnement total, n'ont pas une importance capitale; car, plus le rayonnement total croît avec t et m, plus aussi le travail correspondant du courant (ei) est considérable. L'amélioration, ainsi gagnée en intensité lumineuse, aurait pu aussi bien s'obtenir par une augmentation de la surface.

Mais m et t sont intéressants en ce que, dans le rayonnement total, le rapport des radiations lumineuses aux radiations non lumineuses varie avec eux. Car, on arrive à obtenir une lumière d'autant plus économique que, dans le rayonnement, les radiations obscures et nulles pour l'éclairage sont moindres comparativement aux radiations lumineuses. La température est, à ce point de vue, de la plus haute importance; c'est la conséquence de ce que nous avons déjà mentionné, savoir, que l'élévation de la température apporte sans cesse aux premiers rayons de nouveaux rayons à ondes de courte longueur. Ainsi s'explique le phénomène que, dans l'éclairage par incandescence, plus la température du filament de charbon est élevée, plus on obtient de lumière pour une dépense donnée de force. Si, par exemple, le filament de charbon, à l'incandescence rouge, fournit à peine 10 bougies normales par force de cheval électrique, le même charbon, à l'état d'incandescence blanche, donnera plus de 300 bougies normales par force de cheval.

Il n'y a malgré cela qu'une faible partie du rayonnement total qui, dans ce dernier cas, favorable cependant, se présente sous forme de rayons lumineux ou utiles; et les lampes à incandescence partagent plus ou moins cet inconvénient au point de vue économique avec les autres sources de lumière artificielles.

Le professeur Tyndall a fourni quelques données à cet égard. Il a employé pour ses recherches une dissolution d'iode dans le sulfure de carbone, dissolution qui a la propriété d'absorber les rayons lumineux et de laisser passer les rayons obscurs. Du rapport ainsi obtenu entre le rayonnement total d'une source lumineuse et la partie qui traverse la dissolution, se déduit la portion du rayonnement total absorbée en rayons lumineux. Cette portion est, par exemple, pour la flamme d'huile de 3 pour 100 de la valeur totale du rayonnement, pour la flamme du gaz de 4 pour 100, pour une spirale de platine à l'incandescence blanche de 4,6 pour 100, pour la lumière électrique à arc de

Digitized by Google

10 à 11 pour 100. Ainsi, pour la lumière la plus avantageuse, la partie inutile du rayonnement atteint encore 90 pour 100, et 90 pour 100 du travail *ei* fourni par le courant doivent être employés pour produire en pure perte des radiations calorifiques obscures. A ce point de vue économique, les lampes à incandescence à charbon occupent un rang intermédiaire entre la spirale de platine et la lumière à arc, dont elles s'approcheraient indéfiniment si la température du filament de charbon pouvait atteindre celle de l'arc. Les brûleurs régénérateurs, qui, depuis quelques mois, éclairent une partie de *Leipzigerstrasse*, occuperaient évidemment dans la série ci-dessus un rang supérieur à celui de la flamme du gaz ordinaire, l'avantage de ces brûleurs résidant essentiellement dans leur température plus élevée. Le bec de gaz ordinaire consomme par bougie-heure de 10 à 11 litres de gaz environ, et les brûleurs régénérateurs de *Leipzigerstrasse* à peu près 6 litres. La consommation des plus grands brûleurs de ce genre est approximativement de 3 à 4 litres.

Le second facteur à considérer, dans le rapport des radiations lumineuses aux radiations non lumineuses, est le pouvoir émissif du corps rayonnant, et le point important est de savoir si, à température égale, pour des rayonnements de substances différentes, le rapport entre les rayons calorifiques obscurs et les rayons calorifiques lumineux est différent. Cette question a été encore peu étudiée. Si l'on chauffe simultanément dans un même four un morceau de verre et un morceau de fer, le fer émet, quand on les retire, une lumière vive, tandis que celle du verre est à peine sensible, bien qu'ils soient tous deux à la même température. Mais de ce que le verre, en raison de son grand pouvoir d'absorption pour les rayons calorifiques obscurs, et de la corrélation qui existe entre l'absorption et l'émission, doit plutôt émettre des rayons obscurs, on peut très bien inférer que la différence de rayonnement lumineux entre le fer et le verre ne réside pas seulement dans la différence de leur pouvoir émissif total, mais qu'elle tient aussi à ce que le verre, contrairement au fer, émet, à la même température, plutôt des rayons obscurs que des rayons lumineux.

Des expériences précises à cet égard sont très difficiles en ce qu'il est nécessaire d'observer le rayonnement des différents corps à la même température, et qu'il s'agit surtout de substances incandescentes. En ce qui concerne les radiations obscures seules, M. Tyndall a démontré péremptoirement, par une expérience comparative sur l'éther sulfurique et l'éther formique, que, à basse température, le rayonnement de l'éther formique est supérieur à celui de l'éther sulfurique, tandis que, à une température plus élevée, le rayonnement de l'éther sulfurique est plus grand. Il suit de là qu'il existe proportionnellement

Digitized by Google

plus de rayons à courtes ondes dans les radiations de l'éther sulfurique que dans celles de l'éther formique. Si, comme nous le voyons, pour une radiation purement obscure le rapport entre les rayons isolés diffère suivant les substances, on peut très bien admettre qu'il en est de même pour les rayons lumineux.

On peut citer un exemple de l'influence ainsi exercée par ces différences sur l'économie de la lumière suivant la nature des charbons. On trouve, dans un brevet de M. Maxim, un procédé pour la préparation d'un charbon destiné à l'éclairage par incandescence, procédé qui consiste à échauffer le charbon, par le passage du courant électrique, dans un milieu d'hydrogène carburé ; dans cette opération, des particules de charbon se précipitent du gaz sur la surface du filament qui revêt ainsi leur substance. Ce phénomène n'est pas d'ailleurs absolument nouveau. Dans la fabrication du gaz, par exemple, les parois chaudes des cornues de fer jouent le rôle du filament de charbon incandescent, et, des gaz plus froids, il se précipite bientôt sur ces parois une épaisse couche de charbon connu sous le nom de charbon de cornue.

L'observation de la marche d'une lampe ainsi construite indique tout d'abord qu'une certaine intensité lumineuse correspond à une dépense déterminée de travail (*ei*). Mais, avec le temps, l'intensité lumineuse diminue sans que pour cela la résistance du charbon, et avec elle *ei*, se modifie. Par suite de cette constance de *ei*, le rayonnement total correspondant dans l'unité de temps reste aussi constant. On peut en trouver l'explication dans une modification de la constitution moléculaire de la surface sous l'action du courant, modification ayant pour conséquence un accroissement de pouvoir émissif. A ce phénomène serait lié (puisque $R = ma^4$), un abaissement de température qui expliquerait la diminution de l'intensité lumineuse. Mais il faudrait admettre, en même temps, qu'une augmentation du courant, ou une plus grande dépense de travail pourrait rendre au filament de charbon sa température primitive, et qu'alors cette intensité lumineuse et la température varient comme les quantités de travail dépensées. Ce n'est cependant pas le cas. A l'augmentation d'intensité lumineuse correspond un accroissement disproportionné de dépense de travail, et l'on arrive à ce résultat que, au point de vue de l'économie dans la production de lumière, le charbon est plus avantageux dans la première période que dans la seconde.

J'ai montré que ce sont la température et la substance de la surface du corps éclairant qui régissent l'économie d'un éclairage par incandescence. Il n'est pas facile de déterminer dans quelle mesure se fait sentir l'influence de la substance de la surface pour les différents éclai-

Digitized by Google

rage par incandescence connus, parce qu'on n'a aucun moyen de porter les charbons à la même température, ce qui serait cependant nécessaire pour une expérience de ce genre.

Par contre, l'importance de la température est généralement reconnue. Quant au degré auquel on doit porter cette température, l'expérience seule peut l'indiquer, car, en même temps qu'on augmente la température, il faut tenir compte des conditions de solidité et de durée de la lampe.

J'ai déjà dit précédemment que, pour une durée donnée de la lampe, la température des charbons de fort diamètre peut être portée plus haut que celle des charbons de petite section. L'économie des divers systèmes de lampes varie suivant cette différence de température qui permet d'obtenir, suivant le cas, depuis 100 jusqu'à 200 bougies normales par force de cheval électrique. Si ces différences méritent considération par elles-mêmes, elles sont cependant sans importance au regard des valeurs économiques de la bougie (Jablochkoff, Jamin, etc.) et de l'arc voltaïque. D'après le rapport de MM. Tresca et consorts, les valeurs économiques de la lumière par incandescence, de la lumière des bougies et de la lumière à arc sont dans les rapports 1 : 3 : 7. Je suis absolument convaincu de la perfectibilité de la lumière à incandescence, et il y a certainement des progrès considérables à réaliser dans la confection des charbons, qui pourraient supporter une température plus élevée, et dans la forme à donner aux surfaces pour mieux utiliser la force employée à la production de la lumière. Mais, en présence des chiffres donnés ci-dessus, c'est faire, suivant moi, absolument fausse route que de vouloir mettre l'éclairage par incandescence en concurrence avec la lumière à arc. L'emploi de l'éclairage par incandescence est réellement limité aux cas où la lumière à arc ne saurait convenir, faute de pouvoir se diviser suffisamment.

C'est une opinion assez répandue que, en dehors de la température et de la nature de la surface, d'autres causes viennent encore influer sur l'économie d'un éclairage par incandescence. L'économie des différentes lampes est souvent l'objet d'une représentation graphique, dans laquelle les quantités de travail *ei* dépensées dans les lampes sont prises pour abscisses, et les intensités lumineuses correspondantes pour ordonnées. Mais il serait absolument faux d'en conclure que la meilleure lampe est celle qui, pour une dépense déterminée de travail, fournit le plus de lumière; on en pourrait tout au plus déduire que la lampe a, dans ce cas, une température relativement élevée. Ce qui montre clairement combien cette représentation est défectueuse, c'est que, pour la même valeur *ei*, on obtient avec la lampe Edison de 10 bougies notablement plus de lumière qu'avec la lampe de 16 bougies.

Digitized by Google

parce que, dans le premier cas, la température est plus élevée en raison de la moindre surface du charbon. A température égale, on obtiendrait, dans les deux cas, la même quantité de lumière par unité de travail. La meilleure lampe n'est pas non plus celle qui, pour une dépense donnée de travail, peut momentanément produire le plus de lumière ; on donnera au contraire la préférence à celle qui, pour une durée déterminée, est capable de supporter la plus haute température.

On attribue encore parfois une grande importance, au point de vue de l'économie d'une lampe, aux dimensions et à la forme du charbon. Les uns préfèrent le filament épais, d'autres sont, au contraire, d'avis que le filament ne peut jamais être assez fin. On estime aussi à une haute valeur l'influence de la résistance. De même, suivant certaines opinions, la conductibilité du charbon et la forme de sa section (qu'elle soit rectangulaire comme chez Edison, ou circulaire) joueraient un rôle dans l'économie. Toutes ces théories sont fausses en elles-mêmes. Les seuls éléments en jeu sont, comme je l'ai déjà bien des fois répété, la température et la substance de l'unité de surface ; hors de là, la forme et la grandeur de cette surface, la plus ou moins grande conductibilité du charbon et la forme de la section sont absolument indifférentes.

Mais si la résistance spécifique de conductibilité du charbon est sans influence sur la quantité de lumière fournie par un travail ei (ce qui suppose constants la température et le pouvoir émissif), elle régit par contre le rapport de i à e. Le travail produit dans une lampe est i^2r ou $\frac{e^2}{r}$.

Pour une intensité lumineuse, un diamètre, une longueur et une température constants, on a :

$$i^2r_s = \frac{e^2}{r_s} = \text{const.}$$

qui est l'expression de la relation entre i, e et r_s (la résistance spécifique).

Au point de vue de l'économie du conducteur, une haute résistance spécifique est donc également préférable, bien que l'avantage ne soit pas considérable, e croissant proportionnellement beaucoup moins que r_s.

Mais on ne doit pas ici perdre de vue la modification que peut entraîner une élévation de la résistance spécifique dans la nature de la surface et la solidité du charbon.

De même que la conductibilité, la forme de la section du charbon

Digitized by Google

a également une influence sur le rapport des facteurs e et i. Supposons deux charbons de même longueur et de même section, mais l'un à section rectangulaire et l'autre à section circulaire. La surface du charbon rectangulaire sera supérieure à celle du charbon circulaire, tandis qu'ils auront la même solidité, leurs sections étant égales. Mais à la même température, le rayonnement du charbon rectangulaire sera plus grand, puisque le rayonnement est proportionnel à la surface. Pour obtenir des rayonnements égaux, on allonge le charbon rond, ce qui ne modifie pas sa section. On a alors deux lampes de surface égale et de même puissance lumineuse, aussi bien que d'égale solidité (la section des deux charbons étant identique). Le produit ei est aussi égal dans les deux cas.

Mais, de ce que la résistance du charbon rond, en raison de sa plus grande longueur, est plus élevée que celle du charbon rectangulaire, e est plus grand pour le charbon rond, et i est plus grand pour le charbon polygonal. Sous ce rapport, la forme ronde est donc réellement préférable, puisque, pour la même dépense de travail et à solidité égale, elle permet d'obtenir une plus haute tension.

A cet égard, la construction de la lampe Edison ne nous paraît pas bien comprise. La section des charbons (pour la lampe de 16 bougies normales) est un rectangle dont les côtés ont à peu près 0,1 et 0,2 millimètres ; si, pour la même contenance, la section était circulaire, le filament pourrait avoir, à surface égale, de $\frac{1}{6}$ à $\frac{1}{7}$ environ de longueur de plus, ce qui correspond à une tension supérieure d'autant. Il en est encore bien mieux des charbons tubulaires de Cruto qui ont été remarqués à l'exposition de Munich, et, sous ce rapport, on peut dire que la meilleure forme de section est celle qui, pour cette section, offre le plus petit périmètre. En ce qui concerne les conducteurs, la proposition est tout à fait inverse, comme je l'ai indiqué plus haut.

J'ai ainsi traité le dernier des points spéciaux que je voulais vous signaler. Je n'avais pas l'intention de vous donner une vue complète de tous les détails d'un sujet aussi varié ; je désirais seulement appeler quelques instants votre attention sur ceux qui, au point de vue critique, ont une importance spéciale dans l'étude de l'éclairage par incandescence.

Ce que nous avons dit montre également dans quel sens doivent tendre les recherches ultérieures, et comment on peut réaliser sûrement d'importants progrès. On arrivera, sans aucun doute, à perfectionner les charbons, de manière à leur permettre de supporter une température plus élevée, et à leur donner une surface spécialement

Digitized by Google

favorable à la radiation des rayons lumineux ou utiles. Il y a aussi des progrès à faire dans la perfection du vide. Avec la pompe de Geissler et Sprengel on obtient sans doute des résultats déjà très satisfaisants; mais ils sont limités par la présence de nombreux robinets graissés au suif, et, sous ce rapport, il est très souhaitable qu'on arrive à construire une pompe pratique et à fonctionnement rapide sans ces robinets.

Enfin, je puis encore mentionner comme but des recherches la réduction du prix des conducteurs qui est encore élevé, même pour les lampes à haute tension. On compte, en effet, sur 3 ampères par millimètre carré de section de cuivre, ce qui correspond à trois fortes lampes marchant à 100 volts de tension.

La méthode à employer consiste à envoyer dans le conducteur des courants d'aussi haute tension que possible, et à les transformer au lieu d'emploi suivant les exigences des lampes à incandescence. On peut, à cet effet, installer un transport de force complet actionnant la machine qui fournit le courant aux lampes. On peut en second lieu transformer le courant à haute tension du conducteur, à l'aide d'un appareil accessoire disposé au lieu de consommation et demandant peu de force, en un courant de moindre tension. Imaginons, par exemple, un anneau Gramme, sans aucun aimant extérieur, enroulé de fil fin, et recevant le courant transmis par le conducteur. Au moyen d'un dispositif spécial, on fait tourner le commutateur d'une quantité convenable; le magnétisme se déplace alors dans l'anneau. Si, donc, il existe sur l'anneau un second enroulement en gros fils il s'y établira, par suite de la rotation du magnétisme, un courant continu de moindre tension, que l'on pourra recueillir au moyen d'un commutateur tournant en même temps que le premier, mais de telle façon que les lignes, reliant les deux paires de balais, soient à angle droit l'une par rapport à l'autre. On peut aussi, en troisième lieu, transformer automatiquement le courant par l'emploi d'une espèce d'appareil d'induction. Dans ce cas, le conducteur sera parcouru par des courants alternatifs.

Je me contente d'indiquer ici ces diverses méthodes dont le développement peut avoir une grande importance pour l'éclairage par incandescence. (*Elektrotechnische Zeitschrift*, mars 1883.)

Digitized by Google

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 9 juillet 1883.

Sur la pyro-électricité dans la blende, le chlorate de sodium et la boracite. — Note de MM. C. Friedel et J. Curie (Extrait).

Lorsqu'un cristal hexagonal présente, comme le quartz, trois axes horizontaux d'hémimorphisme, et par conséquent de pyro-électricité, et qu'il est échauffé ou refroidi régulièrement, il y a compensation des effets produits par les axes de pyro-électricité, et il ne se manifeste pas de pôles électriques de noms contraires le long des deux arêtes opposées du prisme hexagonal. Si, au contraire, on vient à chauffer sur un de ses points une plaque normale à l'un des axes de pyro-électricité, il se produit des pressions latérales dont le résultat est un dégagement d'électricité positive sur une face et négative sur l'autre.

Les cristaux cubiques affectés d'hémiédrie tétraédrique présentent des phénomènes de tous points semblables.

Les expériences faites sur la blende et le chlorate de sodium ont montré que, si le cristal est chauffé régulièrement, il n'y a pas formation de pôles électriques. La boracite ne devient pyro-électrique, dans les conditions de refroidissement régulier, que lorsqu'elle cesse d'être cubique.

Nous pensons pouvoir conclure de ces faits, d'une manière générale, que dans les substances hexagonales ayant trois axes horizontaux d'hémimorphisme et dans les substances cubiques appartenant au mode d'hémiédrie tétraédrique, lorsqu'il y a échauffement ou refroidissement régulier du cristal, c'est-à-dire lorsque les dilatations sont égales par rapport aux différents axes en question, il y a compensation au point de vue pyro-électrique et l'on n'observe aucun dégagement d'électricité. On en obtiendra au contraire lorsqu'une variation irrégulière de la température ou une compression intéressant certains axes plus que d'autres produira des dilatations inégales.

Digitized by Google

Nouvelle méthode pour déterminer les limites de l'électrolyse. — Note de M. Ch. Truchot, présentée par M. Berthelot.

En étudiant l'électrolyse d'un certain nombre de sels au moyen d'éléments de pile diversement combinés, M. Berthelot a établi[1] cette loi importante : « La décomposition des électrolytes s'opère dès que la plus petite somme des énergies nécessaires, c'est-à-dire prévues d'après les quantités de chaleur, est présente. »

Cette loi, démontrée par l'expérience, permet de déduire des forces électromotrices limites employées les quantités de chaleur nécessaires pour effectuer les décompositions. C'est donc un moyen de vérifier ou de déterminer certaines chaleurs de formation.

Dans ce but, j'ai imaginé le dispositif suivant, qui fournit une force électromotrice variable à volonté, et pouvant être maintenue constante pendant la durée de chaque expérience.

Une machine de Gramme (modèle des laboratoires, à aimant Jamin) qui donne, comme on le sait, un courant dont la tension croît à peu près proportionnellement à la vitesse, est actionnée par un moteur, de manière à obtenir la vitesse nécessaire. J'emploie à cet effet un petit moteur à eau, système Schmidt, qui, grâce à une vanne de réglage et à un jeu de poulies convenable, fait tourner la machine de Gramme avec une vitesse pouvant varier entre des limites très étendues. La courroie de transmission est en caoutchouc, dont l'élasticité rend le mouvement de la machine très uniforme. Le courant est conduit à un voltamètre, formé de lames ou de fils de platine, ou de crayons de charbon de cornue, suivant la nature de l'électrolyse.

Sur une dérivation prise aux deux bornes de ce voltamètre, se trouve un volt-mètre, dont la bobine, en fil de maillechort, a une résistance de plus de 13000 ohms. Son magnétomètre, composé de 20 petites aiguilles aimantées, oscille sur deux pointes d'aiguilles et porte un miroir convenablement incliné. Une lunette fixe, munie d'un réticule, permet d'observer l'image d'une règle divisée en centimètres et fixée au plafond du laboratoire, à une hauteur de 1m,85.

On observe ainsi, quand le miroir s'incline sous l'action d'un courant, des tangentes qu'une table permet de convertir en degrés du cercle. L'angle observé est double de celui dont on a tourné le miroir. En n'utilisant que des déviations de l'aimant d'une quinzaine de degrés de part et d'autre de sa position moyenne, on peut admettre que les angles sont proportionnels aux intensités.

[1] *Comptes rendus*, t. XCIII, p. 661 et 758.

Digitized by Google

Pour graduer cet instrument, j'ai employé un élément de Daniell, chaque métal plongeant dans son sulfate et représentant 25^{cal}. On l'observe avant et après chaque série d'expériences, pour éliminer l'influence de la température sur le voltamètre. On peut d'ailleurs faire varier la sensibilité, selon le nombre total de calories à mesurer, en plaçant des barreaux de fer doux à des distances convenables de la bobine.

Le volt-mètre donne la différence de potentiel aux deux bornes du voltamètre, ce qui mesure le nombre de calories absorbées dans l'électrolyse.

Enfin, un commutateur permet de ne faire passer le courant dans le voltamètre qu'au moment où l'on veut essayer l'action d'une force électromotrice donnée.

En électrolysant par ce procédé un certain nombre de sels, j'a trouvé des résultats qui concordent sensiblement avec les chiffres prévus par la théorie : ainsi, par exemple, l'eau acidulée a donné un dégagement gazeux à 34^{cal},6; le sulfate de potasse à 50^{cal},1; le sulfate de cuivre a donné un dépôt métallique à 28^{cal}.

De plus, ce procédé m'a permis de constater, de la manière la plus nette, la décomposition en acide et base, sans dégagement de gaz, du sulfate de potasse, du sulfate de soude et du sulfate de magnésie vers 16^{cal}. Les solutions étaient placées dans un tube en U où plongeaient les électrodes de platine; au bout de quelques minutes, on ajoutait au pôle négatif quelques gouttes d'une solution incolore de phtaléine du phénol, qui rougissait fortement. Cette même solution, rougie au préalable par une trace d'ammoniaque, se décolorait au pôle positif.

C'est une nouvelle vérification expérimentale du principe de la force électromotrice minima, formulé par M. Berthelot.

Je me propose d'employer cette méthode à la détermination des chaleurs de formation de certains sels, notamment des fluosilicates, concurremment avec la méthode calorimétrique de M. Berthelot.

Séance du 16 juillet 1883.

Sur un nouveau théorème d'électricité dynamique.

Note de M. L. Thévenin.

Théorème. — Étant donné un système quelconque de conducteurs linéaires reliés[1], et renfermant des forces électromotrices

[1] De façon qu'aux extrémités de chacun d'eux aboutisse au moins un second conducteur.

Digitized by Google

quelconques E_1, E_2, ..., E_n réparties d'une manière quelconque, on considère deux points A et A′ appartenant au système et possédant actuellement des potentiels V et V′. Si l'on vient à réunir les points A et A′ par un fil ABA′ de résistance r, ne contenant pas de force électromotrice, les potentiels des points A et A′ prennent des valeurs différentes de V et V′, mais le courant i qui circule dans ce fil est donné par la formule $i = \frac{V - V'}{r + R}$, dans laquelle R représente la *résistance du système primitif, mesurée entre les points* A *et* A′ *considérés comme électrodes*.

Ainsi, la formule d'Ohm est applicable, non seulement aux circuits électromoteurs simples et présentant des pôles bien définis, comme une pile ou une machine à courant constant, mais à un réseau quelconque de conducteurs, que l'on peut dès lors considérer comme un électromoteur à pôles arbitraires, dont la force électromotrice est, dans chaque cas, égale à la différence des potentiels *préexistant* aux deux points choisis pour pôles.

Cette règle, qui ne semble pas avoir été indiquée jusqu'à ce jour, est d'un usage très commode dans certains calculs de théorie. Au point de vue pratique, elle permet d'évaluer immédiatement, au moyen de données faciles à obtenir expérimentalement, l'intensité du courant qui traversera un branchement que l'on viendrait à greffer sur un réseau quelconque de conducteurs, sans que l'on ait à se préoccuper autrement de la constitution intime de ce réseau.

Suit la démonstration du théorème pour laquelle nous renvoyons aux *Comptes rendus*.

Sur les courants d'émersion et de mouvement d'un métal dans un liquide et les courants d'émersion[1]. — Note de M. Krouchkoll, présentée par M. Jamin.

Deux électrodes d'un même métal plongeant dans un liquide, on sait que, si l'on met en mouvement l'une d'elles, à l'intérieur de ce liquide, il se produit un courant, dont le sens varie avec la nature du métal et du liquide en contact. Ces phénomènes ont été étudiés avec beaucoup de détails par M. Edm. Becquerel[2]. On sait, d'autre part, que, l'une des électrodes étant plongée dans le liquide, si l'on vient à plonger l'autre, il se produit un courant au moment de l'immersion. J'ajouterai qu'on obtient un effet électrique du même genre au

[1] Ce travail a été fait dans le laboratoire de M. Jamin à la Sorbonne.
[2] *Annales de chimie et de physique* (3), t. XLIV, p. 401, 1855.

Digitized by Google

moment où l'on retire l'une des électrodes du liquide : il se produit alors un faible courant d'émersion, et je crois pouvoir énoncer une relation simple entre ces trois espèces de courants :

Le courant produit par l'immersion est de sens contraire à celui que produit le mouvement; le courant d'émersion est de même sens que le courant de mouvement.

On peut expliquer ces phénomènes par l'hypothèse de M. Helmholtz sur les couches électriques doubles. D'après cette hypothèse, au contact de deux corps hétérogènes, il se forme une couche double, c'est-à-dire un système de deux couches électriques égales et de signes contraires, chaque moitié de la couche étant attachée à l'un des corps en contact. Au moment où l'on plonge le fil dans le liquide, la couche double se forme : de là, un mouvement d'électricité, qui est précisément le courant d'immersion. De même, au moment où le liquide quitte la surface du métal, cette sorte de condensateur moléculaire, dont le métal et le liquide forment les deux armatures, se défait, ses électricités deviennent libres, d'où le courant d'émersion.

Pendant le mouvement de l'électrode dans le liquide, une partie m de la couche double, celle qui adhère au liquide, ne suit pas le mouvement de l'électrode et reste en quelque sorte en route, parce que le liquide n'est pas infiniment conducteur. Sur l'électrode même, une quantité de fluide contraire à m, qui était dissimulée par celle-ci, est mise en liberté. Il se produit donc, par suite du mouvement de l'électrode, une dissociation partielle du condensateur moléculaire, qui constitue la couche double, et par suite la différence de potentiel sur les armatures augmente; de là, le courant de mouvement[1]. Cette explication du courant de mouvement a été déjà donnée par M. Helmholtz[2].

M. Edm. Becquerel rappelle, à propos de la communication précédente, les expériences très nombreuses qu'il a faites sur cet ordre de phénomènes. Il cite notamment la production de courants électriques lors du mouvement de corps, comme le platine, l'or et le charbon, dans des liquides qui ne les attaquent pas, courants qui peuvent être rendus constants pendant longtemps quand on entretient le mouvement d'une manière permanente.

[1] Le fait de la non-existence de courants de mouvement, dans les solutions des sels des métaux sur lesquels on opère, peut s'expliquer, dans cette hypothèse, en admettant soit qu'il n'y a pas de couche double en cas pareil, soit que les mouvements d'électricité qui s'y produisent ont lieu tout entiers à l'intérieur de la couche double et ne se font pas sentir au dehors.

[2] *Abhandlungen*, vol. I, p. 909-921.

Digitized by Google

M. *Wurtz* présente une nouvelle pile à oxyde de cuivre de MM. DE LALANDE et CHAPERON (voy. p. 97).

M. J. CAUDERAY envoie la description succincte d'un *Compteur d'électricité* que nous ferons connaître en détail dans notre prochain numéro.

BIBLIOGRAPHIE

L'Industrie de l'éclairage électrique, par M. PH. DELAHAYE.

Cette brochure est un extrait du compte rendu du dixième Congrès de la Société technique de l'industrie du gaz en France tenu à Marseille au mois de mai dernier. L'auteur a groupé dans ce travail un grand nombre de renseignements intéressants sur les prix de revient de l'éclairage électrique et de l'éclairage au gaz, dans certains cas bien déterminés où les renseignements sont les plus précis et les plus complets. La conclusion de M. Delahaye mérite d'être reproduite :

« De l'ensemble des éléments que nous avons réunis, nous croyons « être en droit de conclure que, si la lumière électrique est, dans « des conditions déterminées, plus économique que le gaz, celui-ci « peut, de son côté, prétendre au bon marché, lorsqu'on ne tient pas « compte des charges de toute nature imposées aux Compagnies. Si « l'on songe à l'immensité du champ d'exploitation, on n'hésitera pas « à reconnaître qu'il y a place, à côté du gaz, pour l'électricité, comme « il y a eu, pour le gaz, place à côté de l'huile, de la chandelle et de « la bougie. »

Electricity and Magnetism par M. FLEEMING-JENKIN, Professor of engineering in the university of Edinburgh. — Longmam, Green and C°. Éditeurs, London. — L'excellent ouvrage dont nous venons de recevoir la septième édition anglaise n'a pas d'équivalent en France. Il tient en effet le milieu entre la science élevée dont le traité de Clerk-Maxwell est le type et les ouvrages dits classiques dans lesquels, suivant l'expression même de M. Fleeming-Jenkin, on trouve une longue série de faits incohérents en apparence et qui demandent un travail de l'esprit considérable avant que l'élève n'arrive à comprendre approximativement une seule expérience dans son entier. L'auteur s'est sagement tenu en dehors de toute hypothèse ; les faits sont étroitement reliés entre eux et la théorie générale exposée sous une forme simple qui sera facilement comprise par tous les hommes pratiques.

Digitized by Google

La seule critique que nous nous permettrons d'adresser à cette édition nouvelle — une critique de détail, d'ailleurs, — c'est qu'elle n'ait pas été mise au courant des dernières décisions du Congrès des électriciens de 1881 et qu'on y trouve encore des *intensités* de courant exprimée en farads et microfarads, comme aux débuts de la terminologie électrique.

L'Éclairage électrique et l'Électricité dans la vie domestique, par M. H. de Graffigny. — *A. Ghio*, éditeur, Paris. — L'auteur de cette petite brochure a été animé d'excellentes intentions en cherchant à vulgariser les notions les plus élémentaires de cette science nouvelle; nous savons par expérience ce que la vulgarisation comporte de difficultés, et nous nous plairions à reconnaître que l'auteur a atteint son but si les erreurs qui fourmillent dans cette brochure de 40 pages ne dépassaient pas la mesure qu'on peut accorder à un travail de cette nature.

La science se composant d'approximations successives, il est permis d'apprendre aux commençants des choses incomplètes et par cela même inexactes, mais il n'est pas permis de leur enseigner des choses *fausses*.

Kritische Vergleichung *der* Elektrischen Kraftuebertragung *mit den gebraeuchlichsten mechanischen Uebertragungssystemen* (Ouvrage couronné) par A. Beringer, ingénieur de l'État, Berlin, *Julius Springer*, 1883.

Parallèle entre le transport de la force à distance par l'électricité, et les modes de transport mécaniques les plus usuels. — Tel est le titre de cet ouvrage composé avec une méthode rigoureuse, écrit avec une clarté remarquable.

Pour transmettre à distance l'effet d'une force motrice, on a recours soit à l'eau en pression, soit à l'air comprimé, soit au câble, soit à l'électricité. L'auteur se propose de rechercher dans quel cas tel ou tel mode est plus économique, en déterminant le prix de revient du cheval-heure obtenu pour ces divers systèmes, et ce que la force motrice source doit emprunter à une machine à vapeur ou à un moteur hydraulique, qu'il s'agisse d'un effet utile de 5, 10, 50 ou 100 chevaux à des distances de 100, 500, 1000, 5000, 10 000 ou 20 000 mètres. — A cet effet M. Beringer recherche :

1° Le prix de revient de la force motrice source.

2° Le prix de revient de la transmission, de son installation et de son entretien.

3° Le rendement de la transmission, c'est-à-dire le rapport du travail récupéré au travail transmis.

Digitized by Google

Le prix de revient de la force motrice source, qui s'applique à tous les modes de transmission, est le résultat bien connu de nombreuses expériences.

Pour les deux derniers points, voici comment l'auteur applique sa méthode dans le cas du transport électrique :

Comme M. Marcel Deprez l'a prouvé et comme M. Beringer le répète en le démontrant à nouveau, on peut, en faisant varier le nombre de tours de l'anneau, et l'enroulement du fil tout en lui conservant un même volume, obtenir le même effet utile avec des sections de fil bien différentes. Le prix de revient de la transmission semblerait donc des plus variables, suivant la grosseur du fil employé, ce qui enlèverait tout espoir de déterminer des prix de revient absolus. L'idée générale qui préside à la solution de ce problème est la suivante :

Soient ω et l, la section et la longueur du circuit extérieur, l'équivalent en argent de la perte d'énergie étant proportionnel à $\frac{\Pi^2}{\omega}$, et le prix de revient du circuit étant proportionnel à $l\omega$, il est parfaitement rationnel de donner à ω la valeur qui rend minimum la somme de ces deux dépenses, car de cette façon l'auteur déterminant, en ingénieur bien avisé, les dimensions des fils, câbles ou conduites qui répondent au minimum de matière pour un effet donné, se place dans les seules conditions qui permettent la comparaison des divers systèmes. — Donc pour déterminer la section ω, il suffit de connaître l'intensité du courant. Or, par une application des lois de Ohm et de Joule, due à sir W. Thomson, M. Beringer trouve l'intensité en fonction de l'effort transmis par la réceptrice. — Connaissant l'intensité du courant et la section du fil pour un travail utile de n chevaux transmis à une distance l, on peut facilement calculer le coût de la transmission qui, joint aux frais d'intérêts, d'amortissement, d'installation et d'entretien, donne le prix de revient du travail utile.

Pour le rendement l'auteur s'est placé naturellement dans les conditions répondant au travail utile maximum, celles où le rendement est de 0,50. Aux distances de 20 et 30 kilomètres, on reste d'ailleurs dans le domaine des potentiels pratiques. — On a donc tous les éléments pour déterminer le prix de revient du cheval-heure produit à une distance donnée, et il est facile de dresser pour chaque mode de transport de force des tableaux résumant les résultats obtenus pour les diverses distances et les diverses forces transmises.

De la comparaison de ces tableaux, il ressort une quantité d'enseignements des plus intéressants, dont nous ne pouvons citer que les principaux :

Pour tous les cas où le câble peut rendre des services, l'électricité

Digitized by Google

offre une solution bien plus économique que l'air comprimé et le transport hydraulique et même que les moteurs à gaz. Au-dessus de 5 kilomètres l'air comprimé seul se rapproche du bon marché relatif de l'électricité, tout en lui restant inférieur. Quant au câble, il est le mode de transport le moins coûteux jusqu'à la distance de 1 kilomètre, mais il perd très vite ses avantages au fur et à mesure que la distance augmente.

Sous certaines réserves de modicité de prix du moteur hydraulique (source), le transport électrique à des distances de 20 à 30 kilomètres est plus économique qu'une machine à vapeur établie à pied d'œuvre; il en est encore ainsi, si l'on emprunte la force motrice (source) à une machine à vapeur, pour une distribution d'un grand nombre de petites forces.

Enfin dans le cas que nous venons de citer de location de force mécanique à la petite industrie, le gaz peut faire concurrence à l'électricité; mais, pour un développement considérable de cette entreprise, si l'on divisait une région donnée en zones partielles de 7 à 8 kilomètres de rayon, desservies chacune par une machine à vapeur puissante, l'électricité offrirait encore une économie de 20 pour 100 sur le gaz.

FAITS DIVERS

Exposition internationale d'électricité. Vienne, 1883. — Voici la liste des États et gouvernements étrangers qui participeront officiellement à l'Exposition de Vienne : *L'Angleterre* sera représentée par l'administration des postes et des télégraphes à Londres; *la Belgique* par le ministère des travaux publics à Bruxelles; *le Danemark* par le ministère de la guerre à Copenhague; *la France* par les ministères de la guerre, de la marine et des colonies, du commerce, de l'instruction publique, des postes et des télégraphes et par la préfecture de police à Paris; *l'Italie* par l'administration des postes et des télégraphes à Rome; *la Russie* par l'administration des télégraphes à Saint-Pétersbourg; *la Turquie* par l'administration des télégraphes à Constantinople.

—

Société industrielle de Rouen. — Parmi les prix que doit décerner cette société en décembre 1883, nous remarquons une *Médaille d'or* pour une nouvelle application des machines électro-dynamiques aux arts chimiques.

Digitized by Google

Les mémoires présentés au concours devront être adressés à M. le Président de la Société industrielle de Rouen, au plus tard le 1er octobre 1883.

—

Société des Électriciens. — La commission nommée par l'Assemblée générale préparatoire s'est réunie deux fois, les 23 et 27 juillet, au ministère des Postes et des Télégraphes pour élaborer un projet de statuts qui sera soumis à l'Assemblée générale après les vacances, le 15 octobre prochain. D'ici là, ces statuts provisoires seront envoyés à tous les électriciens qui pourront, en envoyant leur adhésion, proposer les modifications qu'ils croiraient utiles. Nous tiendrons ces statuts à la disposition des lecteurs qui nous en feront la demande.

—

Téléphone souterrain. — La société Cockerill a installé à la houillère Marie un téléphone du système Bell reliant la surface à l'intérieur des travaux à 350 mètres de profondeur. Voici comment est établi cet appareil qui fonctionne parfaitement depuis le 2 avril dernier et rend beaucoup de services sans présenter le moindre inconvénient.

L'appareil de surface est placé, à proximité du puits d'extraction, en un point aisément accessible au personnel de jour et de nuit. Le bureau du marqueur, la lampisterie, la place du machiniste ou tout autre local ayant un employé ou ouvrier en permanence peut servir à cette fin. A l'intérieur, la caterie[1] est le lieu naturellement désigné pour recevoir l'appareil du fond. Celui-ci doit être contenu dans une caisse métallique, en zinc ou en fer-blanc, pour le garantir contre l'humidité. Le fil téléphonique qui relie les deux appareils est recouvert de gutta-percha et des isoloirs sont fixés de 50 en 50 mètres aux partitures, pour le maintenir dans la verticale et empêcher tout contact fâcheux.

Lorsque les signaux ordinaires se font, comme c'est le cas pour les puits de la Société Cockerill, au moyen d'une sonnerie électrique, les deux fils doivent être écartés l'un de l'autre le plus possible pour éviter les courants d'induction qui pourraient s'y manifester. Leur contact ou leur trop grande proximité donnerait lieu à de graves inconvénients, à des dangers même. comme on a pu le constater au début de l'installation à la houillère Marie. En effet, lorsqu'on sonnait au téléphone, la sonnerie électrique fonctionnait aussi, et le machiniste induit en erreur enlevait sa machine avant que le vrai signal fût donné. On a aisément remédié à cet inconvénient en séparant les deux fils.

Le prix d'installation de cet appareil se calcule comme suit : le fil téléphonique de gutta-percha coûte 0fr,70 par mètre courant, les isoloirs ne coûtent

[1] La caterie est une excavation située au fond et à proximité du puits d'extraction où se fait la vérification des lampes, le dépôt et la distribution des outils, et parfois le marquage du personnel à la descente et à la remonte.

Digitized by Google

que 0fr,15 pièce, et la redevance annuelle à payer à la Compagnie Bell est de 50 fr. par appareil, soit 100 fr. pour les deux.

Tel qu'il existe actuellement à la houillère Marie, le téléphone rend beaucoup de services : la rapidité, l'instantanéité des communications, la faculté de s'entendre et de converser épargnent une foule de manœuvres inutiles et des pertes de temps, donc d'argent. En cas d'accident aux câbles d'extraction, de déraillement des cages dans le puits, de rupture du cordon de sonnette ou de dérangement de la sonnerie électrique, d'interruption du service de l'extraction pour une cause quelconque, le personnel de l'intérieur peut être prévenu immédiatement et vice versa. Les ordres, les instructions, les renseignements urgents peuvent être transmis instantanément de la surface à l'intérieur et réciproquement, même dans le cas où les communications ordinaires seraient interrompues. Les avantages que présente cette installation sont tels que la Société Cockerill va en faire l'application à tous ses sièges d'extraction. (*Ingénieur-Conseil.*)

—

L'éclairage électrique de *la Normandie*. — L'éclairage électrique de *la Normandie*, nouveau paquebot de la Compagnie transatlantique présente l'installation la plus complète que l'on puisse citer actuellement dans une installation de cette nature : elle ne comprend pas moins de quatre cents lampes à incandescence et 16 lampes à arc système Siemens. Les lampes à arc sont adoptées pour les deux feux de position du navire, soit quatre lampes; il y en a 4 dans la chambre des machines, 4 dans la chambre des chaudières et 4 dans les cales de marchandises. Les machines génératrices sont au nombre de trois : deux à courant continu pour l'incandescence et une à courants alternatifs pour les lampes différentielles.

Les machines à courant continu sont à double excitation; cette disposition analogue à celle du système de distribution de M. Marcel Deprez, permet de maintenir une différence de potentiel aux bornes sensiblement constante, quel que soit le nombre de lampes alimentées; ce nombre peut, dans le cas particulier, varier de 1 à 300 sans altérer le régime. Dans chaque cabine, il suffit de tirer un bouton pour allumer la lampe et de le pousser pour l'éteindre. Le voyageur fait donc ainsi son service d'éclairage sans demander aucun secours au personnel.

Le service de 300 lampes est assuré avec une seule machine; la seconde sert de machine de réserve. Un des circuits de la machine à courants alternatifs sert à alimenter 90 autres lampes à incandescence. Chacune des machines génératrices est actionnée par un moteur spécial qui prend sa vapeur sur les chaudières mêmes du bateau. Les machines motrices tournent à 150 tours par minute et les machines électriques à 600. La transmission se fait à l'aide d'un système d'engrenages différentiel. La transmission à la machine à courants alternatifs se fait à l'aide de câbles et de poulies à 5 et 6 gorges.

Le travail dépensé par les lampes à incandescence lorsqu'elles fonctionnent ensemble représente environ 55 chevaux et celui des lampes à arc de 11 à

Digitized by Google

13 chevaux ; l'installation constitue donc une véritable usine électrique d'environ 70 chevaux-vapeur.

Enfin, pour parer aux cas d'accidents, réparations, etc., on a installé 50 accumulateurs Faure disposés, partie dans la chambre des machines, partie dans l'entrepont des émigrants. Ils seront chargés par les machines à courant continu et pourront desservir les lampes placées aux points où la lumière est la plus indispensable. On règle la puissance en faisant varier le nombre des accumulateurs en circuit, au fur et à mesure de leur décharge.

—

Il faut dormir la tête au Nord. — Voici une amusante boutade que nous lisons dans *The Electrician* de Londres ; elle fait le tour de la presse anglaise et nous la reproduisons intégralement demandant seulement, comme notre confrère, des renseignements plus précis sur les récentes découvertes auxquelles il est fait allusion :

« De récentes découvertes (?) en science électrique nous apprennent que le flux de courant électrique dans l'hémisphère Nord est plus intense dans la direction du Nord pendant la nuit que pendant le jour. S'il en est ainsi, considérant les effets favorables du courant, effets si souvent expérimentés, il est évident qu'en dormant la tête au Nord, ou plutôt légèrement tournée vers l'Est, dans le flux même du courant, on se trouverait dans les meilleures conditions pour goûter un repos parfait (!).

—

Voici une application nouvelle de la lumière électrique qui n'est pas moins intéressante qu'inattendue. On sait que la plupart des navires de guerre ont des projecteurs électriques qui servent à éclairer leur route et à fouiller l'horizon en cas d'attaque des bateaux-torpilleurs. Deux jours avant le bombardement de Tamatave, l'amiral Pierre, voulant éclairer la ville, donna l'ordre de faire fonctionner les appareils électriques de ses bâtiments.

Les soldats hovas qui occupaient le fort de Tamatave ont attribué à quelque puissance diabolique ce « pouvoir lumineux » des Français et furent pris d'une telle frayeur, qu'ils s'enfuirent aussitôt du fort.

—

Le point le plus rapproché du pôle nord où la lumière électrique ait pénétré usqu'ici est probablement la scierie de M. Johnson, à Yvaskyla, en Russie, située entre le 62e et le 63e degré de latitude.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES GALVANOMÈTRES ÉTALONNÉS

Les mesures précises constituent la base de la science électrique moderne; c'est à elles qu'on doit attribuer le plus clair des progrès et des perfectionnements réalisés depuis quelques années dans les applications industrielles. Il n'est donc pas étonnant de voir surgir à chaque instant de nouveaux instruments destinés à rendre ces mesures plus précises ou plus commodes, et à en généraliser l'emploi. C'est à l'étude de ces appareils les plus exacts que nous allons consacrer cet article.

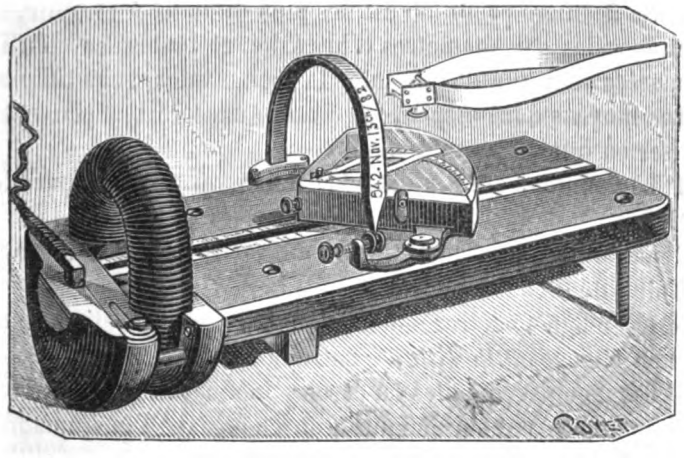


Fig. 1. — Voltmètre de sir W. Thomson.

Les seules grandeurs qu'on ait à mesurer dans les applications industrielles sont : des résistances, des intensités et des forces électromotrices.

Les quantités d'électricité ne se mesurent pas directement, en général, on les déduit de la loi de Faraday, et les capacités n'ont pas encore, en dehors de la télégraphie, trouvé d'applications qui nécessitent leur mesure. La mesure des résistances se fait à l'aide du pont de Wheatstone ou se déduit le plus souvent de la loi de Ohm ; il en résulte que les mesures se réduisent finalement

Digitized by Google

à des déterminations d'intensités de courant et de différences de potentiel.

Le nom de *galvanomètre*, devenu aujourd'hui par trop élastique, sert à désigner tous ces appareils, mais on donne plus spécialement le nom de *voltmètre* à ceux qui mesurent des différences de potentiels et donnent leurs valeurs en volts, et celui d'*ampèremètre* à ceux qui font connaître les intensités du courant en ampères.

Les qualités qu'on peut exiger d'un galvanomètre industriel parfait sont fort nombreuses, et l'on peut dire qu'aucun d'eux ne les présente toutes réunies ; les plus importantes sont, sans contredit, une grande exactitude et un large champ d'indications qui permette de mesurer avec le même appareil des intensités ou des forces électromotrices très différentes.

Cette dernière condition est des plus difficiles à remplir, surtout avec les galvanomètres d'intensité, et toutes les solutions proposées sont loin de présenter la même valeur scientifique.

Les moyens dont on peut faire usage dans ce but peuvent se diviser en quatre groupes distincts :

1° Les shunts, qui diminuent l'action du courant par dérivation ;

2° Les aimants directeurs, qui font varier la force directrice de l'aiguille ;

3° Les magnétomètres mobiles, qui font varier l'action du courant en changeant la *distance* entre la bobine et l'aiguille ;

4° Les bobines mobiles ou cercles inclinants, qui font varier l'action du courant sur l'aiguille en changeant l'*inclinaison* du cadre.

Quelques galvanomètres combinent même plusieurs de ces moyens pour accroître le champ des indications. C'est ainsi, par exemple, que dans le galvanomètre de M. Ducretet, présenté récemment à l'Académie des sciences par M. Wolff[1], on fait varier à la fois la sensibilité par l'aimant directeur et par l'éloignement de la bobine.

Pour les galvanomètres destinés aux usages industriels, l'emploi des shunts est de beaucoup le moins exact. Les difficultés

[1] Voy. les *Compt. rend.*, séance du 23 juillet, p. 180 de ce numéro de l'*Électricien*.

Digitized by Google

d'ajustement de faibles résistances, les faux contacts et les variations de résistance avec l'échauffement souvent très différent des shunts et du galvanomètre, sont autant de causes d'erreur.

L'emploi d'aimants directeurs demande aussi des précautions spéciales, et n'est vraiment exact que si l'on dispose de moyens pratiques d'étalonnage et de vérification.

C'est surtout à ce dernier point de vue que les appareils dont nous allons parler présentent un réel intérêt. On peut les diviser en deux groupes. Les premiers sont fondés sur l'emploi de magnétomètres mobiles, les seconds sur celui de cadres inclinants : tous offrent des moyens d'étalonnage très simples qui permettent de déterminer rapidement les intensités et les forces électromotrices en unités C. G. S. pratiques, c'est-à-dire en ampères et en volts, et de tenir compte des perturbations qu'ont pu subir le champ magnétique terrestre ou les aimants directeurs.

VOLTMÈTRE DE SIR W. THOMSON

L'appareil se compose de deux parties : le magnétomètre et la bobine. La bobine est formée d'un fil fin d'argent allemand de plus de 2000 mètres de longueur, faisant environ 7000 tours et présentant plus de 6000 ohms de résistance. Elle est roulée sous forme d'un tore de 14 centimètres de diamètre extérieur et 6 centimètres de diamètre intérieur. Cette bobine est disposée verticalement et solidement fixée sur une planchette en bois qui forme le socle de l'appareil et se met de niveau à l'aide de vis calantes. Le magnétomètre se compose de quatre petites aiguilles en acier d'un centimètre de longueur, reliées à un index en aluminium; le système repose sur un axe vertical et l'extrémité de l'index se meut devant une échelle graduée en tangentes. Une glace horizontale, placée au-dessous de l'index et formant le fond de la boîte dans laquelle le système est enfermé, pour supprimer les actions de l'air extérieur, permet de faire la lecture sans l'erreur due à la parallaxe. Ce magnétomètre est mobile sur une longue planchette horizontale et peut s'éloigner ou se rapprocher à volonté de la bobine. La graduation est donc double : une sur le magnétomètre, la seconde sur la planchette. Les divi-

Digitized by Google

sions sur la planchette sont tracées de telle façon que le magnétomètre, placé dans un champ magnétique de *une* unité C. G. S. d'intensité, donne, à la distance *un* de la bobine, une déviation égale à *un*, lorsque la différence de potentiel aux bornes de l'instrument est égale à *un* volt. On rapproche le magnétomètre de la bobine jusqu'à ce que la déviation devienne égale à *deux* divisions; on marque alors *deux* sur l'échelle à la position correspondante et ainsi de suite.

Il en résulte immédiatement que l'intensité de courant est proportionnelle aux lectures sur le cercle du magnétomètre, inversement proportionelle aux lectures sur l'échelle de la planchette et proportionnelle à l'intensité du champ magnétique. Soit :

H l'intensité horizontale du champ magnétique en unités C. G. S. au point où se trouve placé le magnétomètre ;

d le nombre de divisions lu sur le cadre du galvanomètre ;

n le nombre lu sur l'échelle de la planchette pour la position correspondante du magnétomètre ;

E la différence de potentiel en *volts* aux bornes de l'instrument.

On a alors :

$$E = H\frac{d}{n} \text{ volts.} \qquad (1)$$

La graduation est donc permanente et s'établit une fois pour toutes. Lorsqu'on fait une série de mesures sans déplacer le magnétomètre, on calcule une fois pour toutes la valeur $\frac{H}{n}$ et l'on n'a plus qu'à multiplier cette constante par la déviation *d* pour connaître E.

Lorsque l'appareil est bien étalonné, rien n'est plus facile que de déterminer la valeur de H. On dispose entre les bornes de l'instrument un ou plusieurs éléments de *f. e. m.* connue E. On place le magnétomètre à une distance *n* et on lit la déviation *d*. La formule (1) donne alors :

$$H = E\frac{n}{d} \text{ unités C. G. S.}$$

Cette détermination de H est d'autant plus nécessaire que

Digitized by Google

valeur est très variable avec les circonstances locales ; au parc Saint-Maur, à l'abri de toutes les perturbations magnétiques, les dernières déterminations faites en janvier 1883 par M. Mascart donnent :

$$H = 0{,}1932 \text{ unité C. G. S.}$$

Dans une maison particulière, avec planchers en fer, la valeur de H s'abaisse à 0,17 et dans les ateliers elle peut tomber à 0,15 et au-dessous. En négligeant l'influence de ces variations, on s'exposerait donc à commettre des erreurs considérables, et il est indispensable de vérifier la valeur de H avant et après chaque série d'expériences. A cet effet, on fait usage d'un élément Daniell ordinaire, ou mieux, d'un étalon de la forme proposée par Sir William Thomson au Congrès de l'Association britannique tenu à Southampton en septembre 1882, et que nous décrivons un peu plus loin.

Lorsque le magnétomètre est dans la position 4, un calcul très simple montre que, dans le champ magnétique terrestre, un élément Daniell doit donner une déviation de 22 divisions environ ; comme il est facile d'estimer à vue le cinquième d'une division, on peut ainsi apprécier jusqu'à $\frac{1}{100}$ de volt. Dans la position extrême du magnétomètre qui correspond à $\frac{1}{16}$, le magnétomètre portant 40 divisions, on peut mesurer jusqu'à $0{,}19 \times 40 \times 16$ volts, soit jusqu'à 120 volts environ. Pour des forces électromotrices supérieures à 100 volts, on augmente la force directrice de l'aiguille en surmontant le magnétomètre d'un barreau aimanté en forme de demi-cercle dont on a déterminé à l'avance l'intensité de champ à son centre, point qui correspond à la position des aiguilles aimantées lorsque l'aimant directeur est en place.

L'intensité du champ magnétique produit au centre de ces aimants demi-circulaires varie en général entre 8 et 10 unités C. G. S. Cette valeur, *au moment de l'étalonnage*, est peinte sur l'aimant lui-même, mais il ne faut pas perdre de vue que ces aimants subissent avec le temps un affaiblissement graduel dont il faut tenir compte.

Digitized by Google

Lorsque l'aimant est placé et que le magnétomètre est au bout de l'échelle, le galvanomètre peut mesurer théoriquement usqu'à :

$$10 \times 16 \times 40 = 6400 \text{ volts.}$$

En pratique il convient de ne pas dépasser 2000 volts, parce que, à des tensions plus élevées, l'intensité du courant qui traverse la bobine serait assez grande pour chauffer le fil dont elle est formée et compromettre son isolement.

L'élément étalon qui sert à l'étalonnage et à la vérification se compose (fig. 2), d'une lame de zinc placée au fond d'un vase et

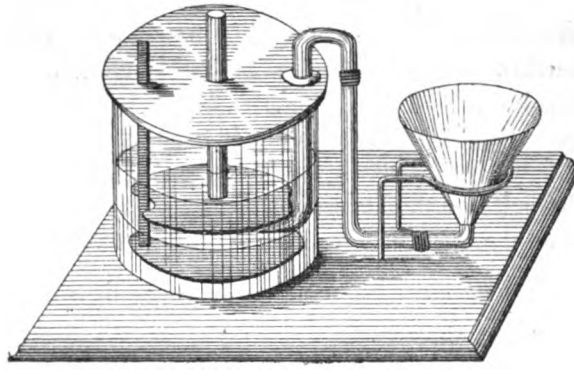


Fig. 2. — Élément Daniell étalon. — Modèle de Sir W. Thomson.

noyée dans une solution saturée de sulfate de zinc. On verse au-dessus, le plus doucement possible pour obtenir une surface de séparation bien nette, une solution à moitié saturée de sulfate de cuivre dans laquelle plonge une lame horizontale de cuivre. Cette solution est introduite dans le vase à l'aide d'un tube de verre plongeant dans le liquide et se terminant par une pointe effilée par laquelle le liquide sort horizontalement de façon à troubler le moins possible la solution. Ce tube communique avec un entonnoir par un morceau de tuyau de caoutchouc; en élevant ou en abaissant cet entonnoir, le sulfate de cuivre entre dans la solution ou en sort. On peut ainsi facilement retirer la solution de sulfate de cuivre lorsque l'étalon n'est pas en service. La force électromotrice de cet étalon a été

Digitized by Google

déterminée avec beaucoup de soin : sa valeur, en s'en rapportant aux dernières déterminations de la valeur de l'ohm faites par lord Rayleigh, est de 1,07 volt aux températures ordinaires.

Lorsque la résistance du voltmètre à vérifier dépasse 1000 ohms, il n'y a pas pratiquement de polarisation.

Le voltmètre de sir W. Thomson comporte plusieurs dispositions de construction ingénieuses; nous signalerons particulièrement les procédés si simples et si pratiques adoptés par l'inventeur pour établir rapidement l'appareil entre les différents points dont on veut mesurer les différences de potentiel.

L'appareil est mis en communication avec ces différents points à l'aide d'un fil souple double dont la figure 3 représente les dispositions des extrémités. On voit dans le bas de la figure une

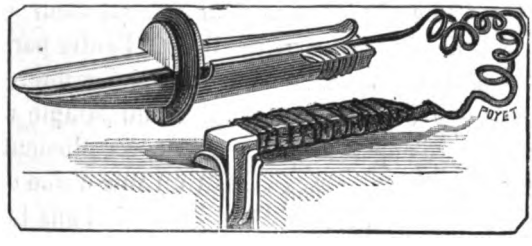


Fig. 3. — Pinces d'attache du galvanomètre de potentiel se fixant sur un conducteur, sur une borne, un charbon, une lampe, etc.

sorte d'équerre terminée par deux lames de cuivre en communication électrique avec les deux fils et séparées par une pièce isolante en ivoire. En enfonçant cette équerre dans le socle de l'appareil, dans une ouverture ménagée à son extrémité, on relie les deux bouts du fil de la bobine avec les deux fils souples dont les deux autres extrémités sont terminées par deux pinces dont une seule est représentée dans le haut de la figure 3.

Cette pince rappelle assez bien les pinces en bois connues sous le nom d'*épingles de blanchisseuse*; l'une des branches est formée par une lame de cuivre en communication électrique avec le fil souple, l'autre par un petit cylindre de bois taillé en sifflet; un anneau en caoutchouc formant ressort tend à rapprocher les deux branches qu'on écarte en exerçant une pression à l'autre extrémité; en pinçant alors le fil, la barre, etc., lorsqu'on aban-

Digitized by Google

donne la pince à elle-même, l'élasticité du caoutchouc suffit pour maintenir et assurer un bon contact.

Lorsque les pinces sont placées aux deux points voulus, il suffit d'appuyer sur le bouton qu'on voit près de la bobine, sur la gauche de la figure 1, pour envoyer le courant dans la bobine et faire ainsi une mesure qui ne prend que quelques secondes.

AMPÈRE-MÈTRE DE SIR W. THOMSON

Il ne diffère du premier que par la bobine et par son mode d'intercalation sur le circuit.

La bobine destinée à mesurer des courants qui varient entre 1/10 d'ampère et 100 ampères se compose d'une lame de cuivre de 12 millimètres de large et de 1 millimètre 1/2 d'épaisseur; elle a environ 10 centimètres de diamètre extérieur et se compose seulement de six tours séparés l'un de l'autre par du papier d'amiante, aussi sa résistance est-elle négligeable. Pour les courants de 1000 ampères, on emploie un simple anneau de cuivre très épais. L'appareil destiné à mesurer plusieurs circuits distincts s'intercale dans chacun d'eux à l'aide d'une disposition très ingénieuse représentée en détail figure 4. Dans la partie du conducteur où doit s'intercaler le galvanomètre, ce conducteur

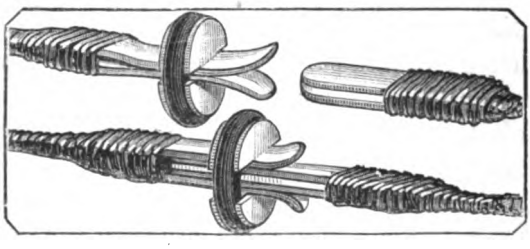


Fig. 4. — Système permettant d'intercaler l'ampère-mètre dans un circuit sans couper ce circuit (Avant et après)

est coupé et relié à deux lames de cuivre qu'une forte bague de caoutchouc maintient toujours en contact pour ne pas interrompre la continuité du circuit. Le galvanomètre est lui-même relié à deux fils souples formés d'une grosse tresse de fil de cuivre et terminés par deux lames de cuivre séparées par une

Digitized by Google

lame isolante. Il suffit d'approcher l'une de l'autre les deux pièces et de faire pénétrer la seconde dans la première pour introduire le galvanomètre dans le circuit sans rompre ce circuit. La figure 4 montre les deux positions du système, *avant* et *après* l'introduction du galvanomètre. La forme des lames est telle que lorsqu'on retire l'appareil pour l'employer sur un autre point ou sur un autre circuit, le circuit général se trouve fermé de nouveau avant que le galvanomètre ne soit complètement retiré de ce circuit.

Le mode de graduation est analogue à celui adopté pour le voltmètre. Lorsque le magnétomètre placé dans un champ magnétique égal à *une* unité C. G. S. d'intensité est sur le point *un* de l'échelle divisée, l'aiguille dévie de *une* division pour *un* ampère. La formule est alors :

$$I = H\frac{d}{n} \text{ ampères,}$$

formule dans laquelle H, d et n ont les mêmes significations que pour le voltmètre; I est l'intensité en ampères du courant à mesurer.

Dans un prochain article, nous examinerons certains appareils gradués également en unités C. G. S. pratiques, et dans lesquels on étend le champ des mesures par l'emploi d'une bobine mobile ou cadre inclinant. (*A suivre.*)

E. Hospitalier.

SOCIÉTÉ INTERNATIONALE DES ÉLECTRICIENS

La Commission chargée de rédiger le préambule, les statuts et le règlement provisoires de la future Société vient de terminer son travail. Ces documents forment une petite brochure actuellement sous presse qui sera envoyée dans quelques jours à tous nos lecteurs qui nous en ont fait ou nous en feront la demande.

Digitized by Google

PHOTOMÉTRIE DES FOYERS ÉLECTRIQUES[1]

La lumière produite par l'électricité diffère notablement de celle des foyers ordinaires. De là une grande difficulté à la mesurer avec les anciens étalons, très convenables au contraire quand il s'agit d'évaluer les pouvoirs éclairants des huiles, des graisses ou des gaz.

En France, l'unité adoptée pour les mesures photométriques du gaz d'éclairage est la lampe Carcel type, proposée par Fresnel[2] et établie par Dumas et Regnault[3], la lampe Carcel brûlant 42 grammes d'huile à l'heure. En Angleterre, l'unité photométrique est la bougie de blanc de baleine de six à la livre anglaise de 453 grammes, la *candle* : 9,6 candles = 1 carcel. En Allemagne, l'étalon est la bougie de paraffine, de six à la livre de 500 grammes, la *vereinskerze* : 7,6 kerzen = 1 carcel. Ces rapports toutefois sont quelque peu variables, les bougies étant difficilement identiques. La lampe, au contraire, constitue un étalon suffisamment fixe, à condition que l'on prenne les précautions requises.

Comparer à un étalon une lumière de même couleur est une opération qui peut se faire de différentes manières; mais tout procédé photométrique revient en fin de compte à placer la lumière et l'étalon devant un même écran dans des conditions identiques, de façon que l'une et l'autre éclairent respectivement une seule partie de l'écran. Les deux éclairements ainsi obtenus paraissant en général différents, on diminue suivant une loi géométriquement connue l'action de la lumière la plus forte jusqu'à ce que l'œil juge que les deux plages contiguës sont également éclairées : si $1/n$ est alors le rapport dans lequel est réduite l'action de la source la plus vive, on dit que son action est n fois celle de la

[1] *Encyclopédie chimique.*

[2] Fresnel, *Œuvres complètes*, III.

[3] Voy. dans les *Ann. de chim. et de phys.*, 3e série, LXV, 423 ; 1862, le mémoire d'Audoin et Bérard où sont relatées les instructions de MM. Dumas et Regnault, et sur le même sujet l'article de M. Le Blanc dans les *Séances de la Société française de physique ;* 1876, p. 11.

Digitized by Google

plus faible. Cette définition admet pour point de départ la sensation, et en cela elle est parfaitement rationnelle, ce qu'il nous importe de déterminer étant l'intensité de la lumière perçue par notre œil et non pas l'intensité de tel autre effet (thermique ou chimique) qui n'a avec le premier aucun rapport connu. Mais de ce que la mesure est ainsi subjective quant au procédé, elle n'en est pas moins objective quant au résultat : elle correspond vraiment à un mode de la lumière elle-même. Sans pouvoir en effet spécifier ce qui dans la lumière produit la sensation physiologique, nous savons que la cause de ce phénomène est, ainsi que la lumière elle-même, soumise à certaines lois géométriques. Nous pouvons donc modifier la cause dans un rapport théoriquement déterminé (comme nous l'avons fait pour amener l'égalité), et la mesure sera objectivement exacte si elle concorde avec la variation théoriquement établie. Or c'est bien ce qui a lieu ici ; car si, après avoir obtenu l'égalité des deux éclairements, nous réduisons par exemple de moitié la distance de chacune des sources à l'écran, de manière à quadrupler isolément chaque effet, les deux éclairements paraîtront encore égaux : la mesure sera la même. Il en est encore ainsi quand on change de photomètre, quand par conséquent on fait intervenir une autre forme d'action sur l'œil. La comparaison de deux lumières de couleur identique est donc une opération bien définie.

On ne saurait en dire autant lorsqu'il s'agit de deux couleurs différentes. Il est incontestable que, rigoureusement parlant, le jaune, je suppose, n'est pas comparable au bleu[1]. On conçoit cependant que deux lumières de colorations différentes puissent être amenées à des intensités qui nous fassent distinguer également certains détails d'un objet. Et en passant aux faits, on trouve que non seulement il est possible d'obtenir ainsi le même *degré d'acuité visuelle*[2], mais que, de plus, l'œil permet d'estimer à 1/30 près environ l'égalité d'éclairement de deux plages diffé-

[1] S'il ne s'agissait pas nécessairement en photométrie de la lumière telle que la perçoit l'œil, si par conséquent on pouvait considérer la lumière indépendamment de son effet physiologique, il n'y aurait aucune difficulté à comparer l'énergie d'une radiation jaune avec celle d'une radiation bleue : ce sont quantités de même espèce et par suite comparables. Mais quand il s'agit d'éclairage, on ne saurait raisonnablement faire abstraction de la couleur.

[2] Voy. Macé de Lépinay et Nicati, *Ann. de chim. et de phys.*, 5e série, XXIV, 289 ; 1881.

Digitized by Google

remment colorées. Il pourrait donc sembler que la comparaison directe de deux lumières de couleurs différentes ne soit pas pratiquement irréalisable. Mais, comme l'a dit M. Helmholtz[1], « de toutes les comparaisons effectuées à l'aide de l'œil entre les intensités de différentes sortes de lumières composées, il n'en est aucune qui possède une valeur objective, indépendante de la nature de l'œil ». Cela tient au phénomène de Purkinje[2], que M. Helmholtz[3] énonce ainsi : « l'intensité de la sensation est une fonction de l'intensité lumineuse qui diffère suivant l'espèce de lumière ». Si, par exemple, deux plages, l'une jaune et l'autre bleue, étant amenées à paraître également lumineuses, nous réduisons de moitié, comme précédemment, les distances respectives des deux lumières, la plage bleue paraîtra plus sombre; si au contraire nous doublons les distances, la plage bleue paraîtra plus brillante. Avec le bleu en effet, et c'est là le phénomène découvert par Purkinje, l'intensité de la sensation croît et décroît plus lentement qu'avec le jaune, pour une même variation de l'intensité lumineuse objective[4].

En conséquence, le seul procédé exact pour comparer une lumière quelconque à une autre lumière prise pour étalon consiste à les décomposer toutes les deux au moyen d'un prisme et à mesurer l'intensité de chacune des couleurs du spectre de la lumière proposée relativement à l'intensité de la même couleur dans le spectre de la lumière étalon. Au lieu d'un nombre unique, on a donc une série de nombres définissant les intensités respectives des diverses radiations simples. Dans le cas seulement où tous ces nombres seront égaux, l'intensité lumineuse pourra se représenter par un nombre unique, la source étant alors de même espèce que l'étalon.

On voit l'intérêt qu'il y aurait à posséder pour la lumière électrique un étalon remplissant les conditions auxquelles la lampe Carcel satisfait suffisamment pour le gaz : elle est assez con-

[1] Helmholtz, *Optique physiologique*, 317 (p. 420 de la traduction).
[2] Purkinje, *Zur Physiologie der Sinne*, II, 109.
[3] Helmholtz, *loc. cit.*, 348 (421).
[4] Voy. Macé de Lépinay et Nicati, *loc. cit.* Un résultat important de leurs recherches est que le phénomène de Purkinje se produit seulement pour les radiations plus réfrangibles que $\lambda = 0^{\mu},507$ (marquant le passage du vert pur au vert bleu); de sorte que des lumières ne contenant que des radiations au-dessous de cette limite sont directement comparables, quoique de couleurs différentes.

Digitized by Google

stante pour que ses variations soient négligeables dans la pratique courante; elle est d'une grandeur bien comparable à celle des sources à la mesure desquelles elle est destinée[1]; enfin son spectre a une composition analogue à celui de ces mêmes sources. Au cours de ses recherches sur l'intensité de la radiation à diverses températures, Draper avait proposé d'adopter comme étalon un fil de platine rendu incandescent par le passage d'un courant électrique : cette idée a été reprise récemment par M. Schwendler[2], dont l'étalon P. L. S. (Platinum Light Standard) n'a malheureusement pas la constance nécessaire, le métal éprouvant par suite du passage prolongé du courant un changement moléculaire d'où il résulte qu'un courant d'intensité supposée constante, traversant la mince lame de platine, ne la maintient pas à une température fixe. D'autre part, il faut nécessairement laisser la lame au-dessous du point de fusion, tandis qu'il y aurait grand avantage à posséder un étalon à la température la plus élevée possible.

On obtient au contraire de bons résultats en prenant pour étalon, comme je l'ai proposé[3], la lumière émise par un centimètre carré de platine à la température de fusion du métal. Cet étalon offre en effet une constance absolue; l'intensité est considérable, et les radiations bleues ou violettes sont déjà très accusées.

Jusqu'ici toutes les mesures ont été prises avec la lampe type ou avec une bougie étalon; elles ne doivent donc être considérées que comme des approximations, d'autant plus grossières qu'elles seront exprimées par des nombres plus élevés. J. VIOLLE.

[1] Ce point est très important, comme l'a bien fait ressortir M. Dumas au Congrès des électriciens, les nombres trop grands n'offrant plus à l'esprit un sens net. Cependant, si les anciennes unités n'avaient par rapport aux nouveaux luminaires que cet inconvénient d'être trop faibles, on pourrait y remédier par l'emploi de multiples convenables. C'est ainsi qu'en France, au service des phares, on emploie pour les fortes intensités un bec de 7 carcels et qu'à Trinity House M. Douglas se sert d'une lampe à 6 mèches de 722 candles.

[2] SCHWENDLER, *Phil. Mag.*, VIII, 392, 1879, et *Journ. de physique*, IX, 135.

[3] VIOLLE, *Comptes rendus du Congrès des électriciens*, p. 352, 1881.

Digitized by Google

SONNERIES
POUR L'ARRÊT DES MACHINES A VAPEUR

La question des accidents du travail, dans les manufactures, présente un réel caractère d'actualité par suite du dépôt, à la Chambre des députés, du double projet de loi de l'honorable M. Faure.

La première partie de ce projet de loi a pour but de déterminer le degré de responsabilité des patrons suivant les circonstances de l'accident. Elle règle également la pénalité à infliger.

La seconde partie a trait à la création d'une caisse d'assurances contre les accidents de travail.

Sans vouloir discuter ici les données de ce projet de loi, dont la mise en pratique nous paraîtrait extrêmement dangereuse au point de vue social, nous avons pensé que les personnes qui, dans un but purement humanitaire, cherchaient à prévenir les accidents, au lieu de punir les patrons, poursuivaient la réalisation d'une œuvre bien préférable.

C'est ainsi qu'en 1866, une Association pour prévenir les accidents de fabrique se fondait à Mulhouse sous les auspices de la Société industrielle de cette ville. Une Association identique fonctionne à Rouen depuis l'année 1880. Plusieurs autres sont actuellement en voie de formation.

Les services rendus par ces sociétés sont universellement connus, et les moyens préventifs dont elles conseillent l'emploi tendent à se répandre de plus en plus.

Parmi ces appareils nous avons l'intention de faire connaître deux dispositions dont l'une, sans empêcher absolument les accidents, a pour but d'en atténuer les effets lorsqu'ils se produisent. Elle permet, de l'atelier, et dans une circonstance grave, d'arrêter en quelque sorte instantanément le moteur. Nous voulons parler de la sonnerie électrique de M. Rennesson fils, fabricant de drap à Sedan. La seconde disposition est destinée à annoncer la marche où l'arrêt du moteur. Elle est due à M. Helm.

Digitized by Google

Dans l'appareil[1] imaginé par M. Rennesson (fig. 1), une corde B s'enroule sur une poulie A calée sur l'axe du papillon et passe ensuite une poulie D pour se terminer par un contre-poids P. Un manchon faisant corps avec la poulie A, est retenue normalement par la tige FG; de sorte que le papillon reste ouvert.

Une tige KI faisant partie du système KIHG pénètre dans une encoche K de la tige FG que le ressort R tend à rappeler vers le haut.

Supposons que, pour un motif quelconque, on veuille, de l'ate-

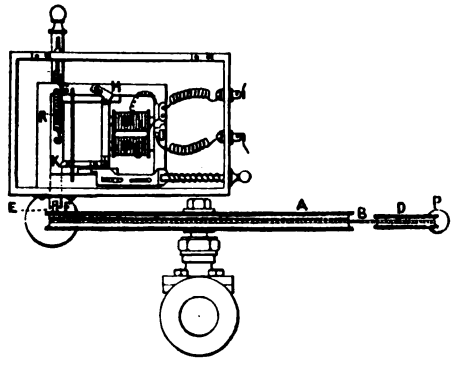


Fig. 1. — Appareil de M. Rennesson.

lier, arrêter la machine; il suffit de lancer un courant dans l'électro-aimant M. La tige HI se trouve attirée vers la droite et avec elle la tige IK. Le ressort R peut alors agir sur GF dont l'extrémité inférieure dégage le mentonnet E. La roue A tourne alors sous l'action du poids P, et ferme l'admission de la vapeur.

En vertu de la puissance vive du volant, il est est bien évident que l'arrêt du moteur ne peut pas se produire instantanément. Pour remédier à cet inconvénient, M. Rennesson a fait breveter une disposition toute mécanique sur laquelle nous ne pouvons pas insister.

La seconde disposition due à M. Helm[2] est caractérisée par ce fait que l'électricité n'est employée que pour modifier la posi-

[1] *Bull. de la Soc. industrielle de Reims.*
[2] *Bull. de la Soc. industrielle de Mulhouse.*

Digitized by Google

tion de pièces légères. M. Helm fait usage d'un petit nombre de cloches pouvant être facilement entendues pendant le travail et sur lesquelles frappent de simples trembleurs dont le son est suffisamment intense pour être perçu pendant l'arrêt de la machine. Cet appareil, représenté figure 2, a l'avantage de ne pas exiger un grand nombre de fils et une dépense importante d'électricité.

Un bâti ABCD supporte une cloche E sur laquelle peut frapper soit un marteau F, soit un trembleur G.

Le marteau F est articulé sur l'arbre H à l'extrémité duquel

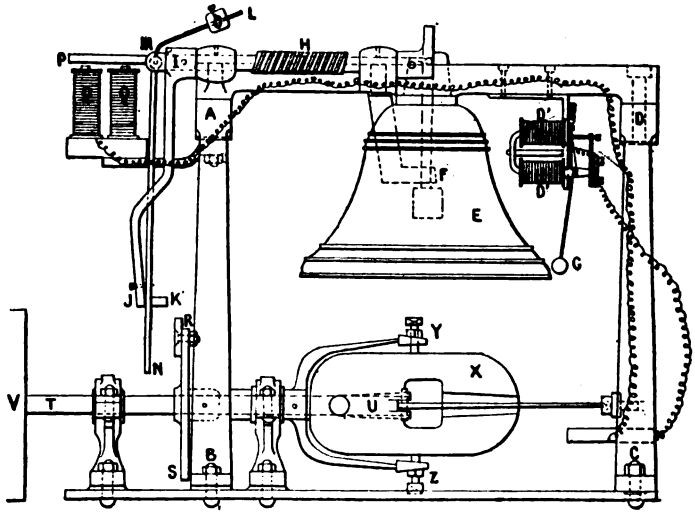


Fig. 2. — Appareil de M. Helm.

se trouve un levier coudé IJ oscillant dans un plan perpendiculaire à l'arbre et portant à son extrémité inférieure un mentonnet K.

Un autre levier coudé LMN, portant un contrepoids O à sa partie supérieure, est muni d'une branche MP, en fer doux, perpendiculaire à MN. Lorsque cette branche se trouve attirée par l'électro-aimant Q, MN est pris par un mentonnet R, placé sur un plateau RS calé sur l'arbre horizontal TU. Cet arbre est mis en mouvement par une poulie V, et il porte à son autre extrémité

Digitized by Google

un plateau X, mobile autour de deux axes montés sur une fourchette YZ à la manière d'un joint à la Cardan.

Le plateau X porte en outre une tige A'B' dont l'extrémité B pénètre dans un commutateur C'.

Dans le cas de l'arrêt du moteur, c'est-à-dire dans le cas où l'arbre TU est immobile, le plateau X se trouve dans la position indiquée sur le dessin. Le commutateur dirige alors le courant dans l'électro-aimant D' et le trembleur G fonctionne.

Dans le cas au contraire où le moteur fonctionne, l'arbre TU tourne, et c'est dans l'électro-aimant Q que le courant est envoyé. Le bras MP étant attiré, le bras MN avance vers le mentonnet R qui l'entraîne, et par suite entraîne le levier IJ. L'arbre H tourne donc et soulève la tige du marteau F. Lorsque le mentonnet R échappe le levier MN, le marteau F retombe sur la cloche.

Cette disposition, expérimentée pour la première fois en 1877, a été reconnue très avantageuse. Elle se trouve appliquée maintenant dans un grand nombre de filatures d'Alsace.

L. Chenut.

LA TRACTION ÉLECTRIQUE DES TRAMWAYS

Si la traction des tramways se fait un jour électriquement, il est bien évident qu'elle pourra seulement s'effectuer à l'aide d'accumulateurs. La solidarisation constante du véhicule avec les conducteurs, lorsqu'on ne fait pas usage d'accumulateurs comme réservoirs d'énergie, présente, dans le cas des *tramways*, trop de difficultés techniques pour devenir industriellement applicable. La question se pose alors simplement en ces termes : la traction des tramways à l'aide d'accumulateurs ou réservoirs d'énergie électrique est-elle possible?

Au point de vue technique, la réponse ne peut être qu'affirmative en présence des faits acquis; au point de vue économique, nous avouons ne pas être suffisamment éclairé sur la question pour répondre en connaissance de cause, surtout en

Digitized by Google

présence des renseignements contradictoires qui sont entre nos mains.

Il nous suffira d'en citer un exemple. D'après M. S. Philippart, président de *The French Electrical Power Storage C°*, le prix de la traction électrique d'une voiture de tramway de 50 places à l'aide d'un remorqueur ou *truc* électrique, ne dépasserait pas 35 francs par journée de voiture; si l'on croit au contraire M. Frank-Géraldy dans la *Lumière électrique*, la dépense journalière par voiture ne saurait être inférieure à 116 francs. On voit qu'entre ces chiffres extrêmes il y a de la marge pour la vérité, mais nous n'avons pas encore tous les renseignements nécessaires pour savoir quel est celui dont elle se rapproche le plus. C'est ce qui explique pourquoi nous avons cru devoir imiter jusqu'ici de Conrart le silence prudent, mais nos lecteurs ne perdront rien pour attendre. E. H.

POLARISATION DES ACCUMULATEURS

Dans son traité de la pile électrique, M. Niaudet explique d'une façon claire et précise le phénomène de la polarisation des piles primaires. Résumons aussi brièvement que possible son étude de la polarisation d'un couple de Volta.

Prenons une pile de Volta et fermons le circuit sur un galvanomètre; on voit l'intensité du courant diminuer depuis le moment où le circuit est fermé, et cette diminution est d'autant plus rapide que la résistance extérieure est plus faible. Dans le cas où le circuit extérieur est très résistant, s'il s'agit, par exemple, d'une ligne télégraphique de grande longueur, l'affaiblissement du courant est lent et presque insensible.

Si l'on examine attentivement ce qui se passe lorsque la pile de Volta travaille en court circuit, on constate que des bulles d'hydrogène se déposent sur l'électrode-cuivre (pôle positif) et l'on est amené à croire, dit M. Niaudet, que ces bulles imperceptibles se forment sur toute la surface, de telle sorte

Digitized by Google

qu'une couche gazeuse s'interpose d'une manière plus ou moins complète entre l'électrode et le liquide.

Ce qui confirme cette opinion, c'est que le courant électrique reprend son intensité normale, lorsqu'on agite l'électrode cuivre, de manière à en faire disparaître les bulles de gaz, ou si on frotte le cuivre avec un pinceau pour en balayer la surface.

D'autre part l'agitation de l'électrode zinc ne modifie pas la marche décroissante du courant.

En résumé le phénomène qui se passe à la surface de l'électrode-cuivre est la cause de diminution de l'intensité du courant électrique; c'est ce phénomène que l'on désigne sous le nom de *polarisation des piles primaires*.

Nous allons examiner si, dans les accumulateurs *à base de plomb*, la polarisation a la même origine.

Lorsqu'on décharge un accumulateur sur un circuit court et peu résistant, on observe, absolument comme dans la pile primaire, une diminution rapide de l'intensité du courant.

Si la polarisation des accumulateurs avait la même cause que la polarisation des piles primaires, on devrait obtenir un dépôt d'hydrogène sur l'électrode qui a subi la peroxydation pendant la charge; c'est en effet cette électrode qui correspond à l'élément cuivre de la pile de Volta.

Il semble donc que l'agitation de cette électrode doive faire disparaître la couche gazeuse, si celle-ci existe réellement; la polarisation de l'accumulateur cesserait donc et il y aurait une reprise de l'intensité du courant.

Or, il n'en est pas ainsi, et l'on a beau agiter l'électrode peroxydée ou la frotter avec un pinceau, la polarisation persiste.

La conclusion à tirer de ces faits, c'est qu'il faut chercher pour la polarisation des accumulateurs une autre cause que la production d'un dépôt d'hydrogène sur la lame qui constitue le pôle positif.

Remontons à la formule générale :

$$I = \frac{E}{R}.$$

Nous avons vu que, par suite de la polarisation, l'intensité du courant électrique I s'affaiblit rapidement. Cette diminution

Digitized by Google

d'intensité peut provenir de deux causes : ou bien de la diminution de la force électromotrice E, ou de l'augmentation de la résistance intérieure de l'accumulateur R.

La résistance augmente-t-elle? A première vue on est porté à répondre négativement et voici pourquoi :

La loi générale relative à la résistance intérieure des piles peut se définir comme suit : *La résistance est d'autant plus faible que la distance des électrodes dans le liquide est plus petite et que les surfaces plongées sont plus grandes.*

Or, dans le cas qui nous occupe, la distance des électrodes reste évidemment la même pendant tout le temps de l'expérience; ensuite quant à la diminution de surface, on pourrait admettre que cette diminution se produit, si une couche de gaz hydrogène se formait à la surface de l'électrode peroxydée. On a vu que ce dépôt gazeux ne se produit pas; par conséquent il n'y a pas lieu de tenir compte au premier abord de la résistance R dans l'affaiblissement de l'intensité du courant I. Comme il ne reste plus en jeu que la force électromotrice E, nous devons rechercher s'il y a des présomptions au sujet de la diminution de E.

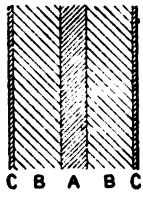
Lorsqu'un accumulateur est chargé, il renferme deux électrodes dont l'une est peroxydée et dont l'autre est recouverte de métal réduit. Si la lame peroxydée pouvait intervenir dans la production de la polarisation, cela ne pourrait être que par la présence d'un dépôt d'hydrogène, dépôt que l'expérience ne dévoile pas.

C'est donc sur l'autre électrode que notre attention doit se porter. Admettons que l'accumulateur sur lequel nous raisonnons soit parfaitement formé et chargé, ce qui revient à dire que l'épaisseur des dépôts de peroxyde et de plomb réduit est relativement forte.

Effectuons la décharge sur *un court circuit*, peu résistant, un fil de cuivre de 2 à 3 millimètres de diamètre par exemple. L'intensité initiale du courant sera considérable; mais ce courant électrique ne pourra rester constant que si les réactions chimiques qui s'accomplissent au sein de l'accumulateur ne modifient pas la nature et l'état des éléments qui sont la cause du courant électrique.

Digitized by Google

On sait que le peroxyde de plomb associé à du plomb réduit a une tendance très prononcée à décomposer l'eau. En fermant le circuit secondaire, cette décomposition se produit à l'intérieur du couple. Le peroxyde de plomb qui a une très grande affinité pour l'hydrogène doit s'en emparer rapidement pour engendrer un courant électrique aussi intense que celui que l'observation constate. Le dégagement d'électricité correspond comme on le sait au travail chimique qui prend naissance par suite de la production des gaz hydrogène et oxygène résultant de la décomposition de l'eau. Or, ce dégagement d'électricité étant considérable, la décomposition de l'eau suit la même loi. Tandis que la plaque peroxydée s'empare de l'hydrogène, la lame réduite par la charge se peroxyde, et si, par suite de la grande rapidité de la décharge, l'*oxygène n'a pas le temps de pénétrer à l'intérieur de la couche de métal pulvérulent*, il se forme en quelques instants à la surface de cette couche réduite une mince pellicule d'oxyde de plomb. La lame se trouve donc dans l'état suivant :



A représente le support métallique.

B, une couche de métal réduit;

C, un voile d'oxyde de plomb.

Quant à l'autre lame, comme la couche de peroxyde qui la recouvre est très épaisse, il s'en suit que toute cette couche n'a pas eu le temps de se réduire et qu'il en reste encore une certaine épaisseur à l'état de peroxyde de plomb.

Nous avons reconnu maintes fois que l'expérience confirmait absolument cette manière de voir.

En déchargeant un accumulateur à base de plomb sur un court circuit la teinte gris-blanc du plomb réduit ne tarde pas à se ternir et à se foncer.

Qu'on enlève cette électrode du liquide immédiatement après cette décharge et qu'on gratte délicatement la pellicule foncée, on retrouve sous cette pellicule la teinte gris-clair du plomb

Digitized by Google

métallique, ce qui indique que *le métal spongieux n'est pas oxydé dans toute son épaisseur.* Cette pellicule est évidemment très mince en comparaison de la couche peroxydée qui recouvre l'autre électrode; mais il n'en est pas moins vrai que, par suite de la décharge en court circuit, les *surfaces extérieures* des deux électrodes de l'accumulateur se trouvent sensiblement dans le même état chimique. Toute réaction cesse donc entre les deux plaques et de même que deux lames d'un métal quelconque dont les surfaces se trouvent dans le même état électro-chimique ne peuvent engendrer un courant électrique, de même aussi les électrodes de plomb de l'accumulateur se trouvant toutes deux recouvertes d'une couche d'oxyde ne pourront plus donner naissance au moindre courant.

Il est utile d'ajouter que, pendant la décharge d'un accumulateur en court circuit, il se produit à la surface du liquide un dégagement de gaz qui ne peut provenir que de la formation d'un *couple local sur l'électrode réduite par la charge.*

En effet, les dépôts électro-chimiques sont essentiellement pénétrables; la pellicule d'oxyde dont nous avons parlé et le métal sous-jacent sont baignés par le liquide; l'on a donc en présence tous les éléments nécessaires à la production d'un couple et ce couple acquiert, au fur et à mesure que la pellicule gagne *en surface,* une force électromotrice qui va en augmentant jusqu'au moment où elle finit par contrebalancer le courant secondaire lui-même.

En résumé la diminution de la force électromotrice E provient de ce que, lors d'une décharge en court circuit, les surfaces des électrodes tendent à affecter rapidement le même état électro-chimique et nous croyons pouvoir dire que la cause de la polarisation des accumulateurs à base de plomb réside dans la production d'une légère pellicule d'oxyde recouvrant la surface de l'électrode réduite par la charge.

Si la décharge se fait au contraire sur un circuit résistant, la décomposition de l'eau a lieu lentement; le travail des réactions chimiques s'effectue conséquemment avec lenteur; le conducteur ne ramène pas l'onde électrique à son point de départ suffisamment vite pour empêcher l'oxygène de pénétrer à l'intérieur de la couche de métal spongieux et divisé. Il n'y a plus ici forma-

Digitized by Google

tion de la pellicule d'oxyde à la surface de la couche réduite, car l'oxygène peut exercer son action à travers la masse toute entière d'une façon progressive.

Quant à la reprise du courant électrique que l'on observe lorsqu'on a laissé reposer l'accumulateur, M. Planté l'a fort bien expliquée en disant que l'oxyde de plomb *se réduit spontanément* dans l'eau acidulée, cette réduction étant d'autant plus rapide que la couche d'oxyde est plus mince.

Les considérations qui précèdent permettent, comme on va le voir, de guider l'Électricien dans l'étude de la polarisation des accumulateurs des divers systèmes connus jusqu'ici.

En effet, si la pellicule d'oxyde de plomb dont il a été question ci-dessus pouvait disparaître au fur et à mesure de sa formation, il est clair que la polarisation serait insensible et que l'accumulateur débiterait d'une façon continue le travail électro-chimique qu'il aurait emmagasiné. Mais cette pellicule reste adhérente à l'électrode parce que l'*oxyde de plomb est insoluble dans l'eau acidulée*.

Tout le mal provient donc de l'*insolubilité de l'oxyde de plomb*.

Examinons ce qui va se passer quand un accumulateur est composé de la manière suivante :

L'électrode négative ou pôle positif est en plomb;

L'électrode positive ou pôle négatif est en cuivre;

Le bain est une solution de sulfate de cuivre additionné d'acide sulfurique. (Le zinc peut remplacer le cuivre soit comme électrode, soit dans la solution du bain.)

Sous l'action de la charge, le sulfate de cuivre se décompose, la liqueur pâlit et finit par devenir incolore : l'oxygène peroxyde le plomb, et le cuivre se dépose à l'état spongieux sur l'électrode cuivre.

En déchargeant cet accumulateur, le peroxyde de plomb se réduit, tandis que l'autre électrode tend à s'oxyder; or l'oxyde de cuivre, à l'inverse de l'oyxde de plomb de tantôt, *est soluble;* en se formant il se combine à l'acide sulfurique pour régénérer le sulfate de cuivre; celui-ci en se produisant s'écoule vers la partie inférieure du vase et empêche l'oxyde qui se forme

Digitized by Google

d'adhérer à l'électrode. Il y a une dissolution continue, dissolution qui finit par gagner le support métallique même de l'électrode. Ainsi la polarisation est beaucoup plus faible que dans les accumulateurs à base de plomb, mais il se présente le grand inconvénient qu'après plusieurs mois de fonctionnement l'*électrode-cuivre est en partie dissoute*, et qu'il n'en reste plus que des morceaux.

Pour obvier à cet inconvénient, dans les expériences que nous avons entreprises avec M. Arnould, nous avons substitué à l'électrode-cuivre ou zinc, une électrode en charbon, le bain restant toujours une solution de sulfate de cuivre ou de sulfate de zinc.

Le charbon étant insoluble, très poreux et donnant une grande surface utile il est évident que les inconvénients signalés ci-dessus disparaissent entièrement.

Nous parlerons prochainement de ce système d'accumulateur. Nous voulons cependant faire remarquer dès maintenant que, dans certaines applications industrielles, il sera plus avantageux de choisir des accumulateurs à base de plomb.

René Tamine,
Ingénieur des ponts et chaussées.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le docteur C.-W. Siemens. — La Reine vient d'accorder au docteur C.-W. Siemens les honneurs de la chevalerie (*knighthood*) ou, en d'autres termes, il vient d'être créé *sir*. Son nom, suivant la règle, ne paraît plus ou n'est plus prononcé que précédé de cette particule, et M. Siemens ayant adopté parmi ses prénoms celui de William, il restera connu, des générations présentes et futures, sous le nom de sir William Siemens. Cette distinction honorifique lui a été accordée en raison des services éminents qu'il a rendus au pays comme savant, inventeur et industriel; et, pour tous ceux qui connaissent la carrière si merveilleusement remplie de sir William Siemens, il sera évident que le récipiendaire est en tous points digne de l'honneur qui vient de lui être conféré.

Le journal comique *Punch* donne dans l'un de ses récents numéros un portrait de sir William Siemens; il est suspendu au centre d'une

Digitized by Google

lampe à incandescence imitant, par les rayons qu'elle projette, la masse solaire, et le titre, sous la rubrique *Portraits de fantaisie*, est un jeu de mots très approprié et que nos lecteurs au courant de la langue anglaise apprécieront sans doute : « Sir W.-C. Siemens, *the Electric Knight-Light.* »

Le 25 juillet dernier, sir William Siemens, président de la *Society of Arts*, et le comité de cette Société donnaient, dans les bâtiments et jardins de l'*International Fisheries Exhibition*, leur réception annuelle ou *conversazione*. Plus de huit mille invités circulaient à l'aise dans l'immense espace couvert par les bâtiments de cette Exposition. *Royalty* étant annoncée sous forme de visite du prince (président honoraire) et de la princesse de Galles, l'aristocratie se trouvait en force. Comme les membres de la *Society of Arts* appartiennent, en majorité, au monde fashionnable, Londres étant, d'autre part, encore en pleine *season*, l'assemblée était des plus brillantes et l'éclairage électrique a contribué, dans une très forte proportion au succès de cette trop courte soirée.

Les dynamicables. — Une association amicale (amicable), sous le nom de *dynamicables*, vient d'être formée, à Londres, dans le but de réunir, périodiquement, les membres de la grande famille électrique sous un toit commun où les intérêts rivaux sont oubliés pour faire place à des relations amicales. La soirée prélude par un dîner, et se termine par la nomination du président de la soirée suivante. La dernière réunion a eu lieu, le 1er courant, dans les bâtiments de l'Exposition des pêcheries. M. Preece présidait, et, après dîner l'assemblée s'est rendue dans le pavillon du prince de Galles qui l'avait gracieusement mis à la disposition de l'association.

La prochaine réunion doit avoir lieu dans un mois, le président élu est M. Al. Siemens.

Plusieurs membres ont proposé qu'il soit discuté des sujets ayant rapport à la politique de la question électrique et aussi aux questions techniques d'intérêt général. Nous craignons bien que cet empiétement sur le terrain des sociétés techniques spéciales, joint à la servitude de l'habit qui était de rigueur à la dernière réunion ne contribue à éclaircir les rangs des *dynamicables*, au lieu de les épaissir. La raison d'être d'une pareille association était l'occasion d'un dîner en corps, et d'une soirée amusante, passée en conversation libre et où de nouvelles connaissances se faisaient et les anciennes se renouaient en s'affermissant. Espérons que l'association rentrera dans son rôle, dont elle n'aurait pas dû, croyons-nous, se départir, et que le terrain aride de la controverse, qui ne peut manquer de devenir intéressée, sera abandonné à des

Digitized by Google

sociétés plus autorisées. Espérons aussi qu'on saura exclure toute cérémonie dans les réunions suivantes.

Le rapport annuel du Post-Office. — Le vingt-neuvième rapport du Postmaster General, sur le Post-Office, vient d'être publié, sous forme de *blue book*. Ce rapport traite de l'année financière postale se terminant le 31 mars 1883. Le nombre de messages télégraphiques, pour l'exercice 1882-1883, y est donné comme étant de 32 092 026. Ce nombre, comparé avec celui de l'exercice 1881-1882, n'est en excès, sur celui-ci, que de 746 165, tandis que l'excédent de l'exercice 1881-1882 sur le précédent était de 1 953 879. La raison de cette diminution dans l'augmentation du nombre des dépêches est que les fêtes de Pâques des deux années, équivalant à quatre jours fériés, se trouvent comprises dans l'exercice 1882-1883. Le nombre de dépêches expédiées dans Londres même est de 12 374 707 comparé à 12 071 034, chiffre de l'exercice précédent, l'augmentation est de 303 673.

Le rapport fait entrevoir une réduction prochaine dans le tarif des dépêches, le Postmaster General expliquant que, malgré qu'il n'ait pas encore été déterminé sous quelle forme la réduction proposée du tarif des dépêches serait effectuée, il a été décidé qu'aussitôt que l'augmentation du matériel, nécessitée par ce changement, serait complétée, le tarif minimum des dépêches à destination de l'intérieur du pays serait réduit de 1 shilling (1fr,25) à six pence (0fr,625). Cent-deux bureaux de poste et 45 bureaux de gares de chemins de fer ont été ouverts au public comme bureaux télégraphiques, portant le nombre total des bureaux à 5742.

Un nouveau câble sous-marin a été posé, au prix de 475 000 francs, entre Blackwater et Fishguard, reliant l'Irlande à l'Angleterre ; les lignes aériennes desservant ce nouveau câble, et allant, en Angleterre, de Londres à Fishguard, et, en Irlande, de Blackwater à Dublin, Cork et Limerick, ont coûté une somme additionnelle de 450 000 francs. Le nombre total des fils actuellement en service, entre les deux contrées, est de 24, contenus dans 6 câbles.

Un dépôt de câbles vient d'être érigé à Woolwich, au prix de 325 000 francs ; il est pourvu de réservoirs convenables pour la réception des câbles ainsi que des appareils nécessaires pour l'examen, les essais et les réparations.

Un navire spécial pour la pose des câbles est en voie de construction, on estime la dépense à 1 162 500 francs. La tâche de réparer ou de poser les câbles sera ainsi plus facile, puisqu'on n'aura plus besoin d'avoir recours à l'industrie privée.

De nouveaux échanges téléphoniques ont été établis, par le Post-Office,

Digitized by Google

à Newcastle-on-Tyne, Exeter, Falmouth, Plymouth, Middlesborough, West, Hartlepool, Limerick, Cork, Londonderry et Waterford. Le bureau de Newcastle, qui a plus de 200 abonnés, est relié téléphoniquement à Sunderland, South Shields, Tyne Dock, North Shields, etc., et ces lignes fonctionnent avec le plus grand succès. Les neuf Compagnies auxquelles des licences ont été accordées pour l'établissement de bureaux téléphoniques en ont, actuellement, 47 en fonction, dont 37 en Angleterre, 8 en Écosse et 2 en Irlande.

L'éclairage électrique a été introduit dans le bâtiment de la poste à Glasgow, et des essais très satisfaisants ont eu lieu à l'Office Central des Télégraphes à Londres. L'extension de ce mode d'éclairage est actuellement à l'étude.

Le professeur Tyndall et le Board of Trade. — Dans le n° 56 de cette publication, nous avons fait une courte allusion à la résiliation, par le professeur Tyndall, de son poste de conseiller scientifique près du Board of Trade, promettant de plus amples détails.

La résiliation du professeur de son poste a fait, pendant ces quelques dernières semaines, l'objet d'interpellations sans nombre à la Chambre des lords et aussi à celle des communes; une volumineuse correspondance sur le sujet a été présentée au Parlement. Le professeur, dans une longue lettre au *Times*, donne les raisons qui ont dicté sa ligne de conduite, et nous ne pouvons mieux faire que de les reproduire aussi brièvement que possible.

Nous mentionnerons, tout d'abord, que l'origine de la dispute qui vient de se terminer si déplorablement, provenait d'une différence d'opinion entre *Trinity House* (institution ayant le contrôle des phares du Royaume-Uni), et la Commission des phares irlandais au sujet des mérites et puissances lumineuses relatives du gaz et de l'huile, pour l'illumination des phares.

M. Wigham, un Irlandais, est l'inventeur d'un bec de gaz pour phares dont le professeur Tyndall est très partisan, ainsi que les commissaires irlandais.

Sir James Douglas, ingénieur en chef du Trinity House, d'autre part, est très partisan de l'éclairage à l'huile et a fait breveter un appareil spécial dans lequel le pouvoir éclairant de l'huile est développé à son maximum.

En présence de différences d'opinions si fortement accentuées, on proposa de référer la question à un comité spécial muni de pleins pouvoirs pour faire des expériences élaborées et concluantes sur les mérites comparatifs des deux éclairages.

La formation de ce comité a donné lieu à de sérieux tiraillements ;

Digitized by Google

tout d'abord, sir James Douglas devait en faire partie, et M. Wigham devait en être exclu, et ce n'est que sur les représentations très énergiques du professeur Tyndall que M. Wigham a été appelé à faire partie du comité sur le même pied que sir James Douglas.

Ledit comité d'expériences devait en outre comprendre comme membres un représentant de chacune des trois autorités en matière de phares savoir : le *Trinity House*, les *Commissioners of Northern Ligths*, et les *Commissioners of Irish Lights*; l'ingénieur de chacune de ces deux dernières institutions, M. Vernon Harcourt, représentant le Board of Trade, le professeur Tyndall lui-même et le docteur Hopkinson comme représentant spécial des intérêts de l'éclairage électrique.

L'ingénieur des *Commissioners of Irish Light* se trouve être M. William Douglas, frère de sir J. Douglas, et M. Hopkinson est un ami intime de sir James. Le professeur Tyndall a refusé de faire partie d'une commission dans laquelle ces deux personnes figureraient, et comme le *Board of Trade* a refusé de faire droit à sa demande, le professeur a donné sa démission.

Le professeur Tyndall, dans sa très sarcastique lettre, explique que, du temps de Faraday, son prédécesseur, cette fonction était rétribuée au taux de 5000 francs par an; Faraday qui aurait pu, en 1832, gagner 125000 francs par an, et 150000 francs en 1836 ne manquait pas de faire remarquer au vice-président de *Trinity House* qu'il n'acceptait pas la position dans un intérêt pécuniaire; car, disait-il, grâce à la bonne volonté et à la confiance de tous ceux qui m'entourent, je puis à un moment quelconque convertir mon temps en argent.

Quand en 1866, Faraday, fatigué, céda la place au professeur Tyndall, celui-ci, sollicité d'accepter la position qui ne pouvait rapporter que 2500 francs par an attendu qu'il était désirable de continuer au grand Faraday son salaire de 5000 francs par an, tranquillisa le *Deputy Master* (vice-président), en exprimant son intention, dans l'intérêt de son illustre collègue, de faire le travail sans aucune rémunération.

A la mort de Faraday, la rétribution de l'emploi échut au professeur Tyndall et même, la responsabilité de l'emploi s'étant accrue, la rétribution se trouva portée de 5 à 10000 francs par an. Mais, comme l'observe avec raison le professeur, le *Times* n'a rien fait de plus que de rendre justice aux hommes de science lorsqu'il écrit que, s'ils préféraient diriger leurs talents vers d'autres sphères d'activité, ils récolteraient à la fois plus d'honneur et plus d'argent, ajoutant que, depuis Faraday, les chances ouvertes au profit d'un homme ayant une réputation dans les sciences physiques n'ont pas diminué, au con-

Digitized by Google

traire, et qu'il aurait facilement pu convertir chaque cent francs reçus par lui du *Board of Trade* et du *Trinity House* en autant de mille francs. Malgré cela, il a choisi le moindre, considérant sa source comme une source d'honneurs tout spéciaux, et ses responsabilités d'une satisfaction toute particulière.

Le professeur ajoute que cet égoïsme serait inexcusable s'il ne lui incombait pas d'éclairer l'esprit du président du *Board of Trade* au sujet des illusions que, sans aucun doute, il entretient à son égard en ce qui concerne les relations qui existent entre lui et le *Board of Trade*. Au moment même, paraît-il, où M. Wigham était écarté de la commission, le *Board of Trade* savait déjà que sir James Douglas avait fait breveter un brûleur à huile pour l'exploitation duquel une Compagnie, au capital de 1250000 francs, venait de se former, et le professeur Tyndall se plaint avec raison, d'abord, que ce fait lui ait été sciemment caché, ensuite que, cette circonstance étant connue du *Board of Trade*, celui-ci ait pu considérer, avec un semblant de sérieux ou de probité, le fait d'éliminer M. Wigham du nombre des membres de la Commission.

Les *Irish Light Commissioners* eux-mêmes n'ont pu s'entendre et donner suite au projet primitif, de sorte que jusqu'à nouvel ordre la question ne recevra pas de solution.

Éclairage électrique. — L'éclairage électrique de la portion de la *City* illuminée, depuis dix-huit mois, par la Compagnie Maxim Weston, vient d'être terminé, cette Compagnie trouvant, suivant l'expression populaire, que le jeu n'en vaut pas la chandelle. Cette démonstration, qui a entraîné la pose souterraine de plusieurs séries de conducteurs, le changement et remplacement de lampes d'un système non encore mûr, à l'époque où il était entrepris, pour l'éclairage des voies publiques, a dû être rien moins que ruineux pour la Compagnie qui se trouve, d'ailleurs, dans un état assez précaire.

Pentonville Road, dans la paroisse de Clerkenwell a été éclairé, il y a quelque quinze mois, par la Maxim Weston C°, au moyen de lampes à incandescence Maxim, mais le résultat a été si douteux que des lampes à arc Weston leur ont été substituées.

Au moment où la paroisse songeait probablement à se dispenser d'un éclairage luxueux mais coûteux, et où la Compagnie entrepreneur songeait peut-être à cesser une entreprise qui ne pouvait logiquement donner de bénéfices, cent cinquante-deux (152) habitants de Pentonville Road ont fait une pétition à la paroisse de Clerkenwell, pour que l'éclairage électrique soit continué, exposant que cet éclairage

Digitized by Google

avait non seulement été d'un grand avantage pour les habitants, mais aussi pour la sécurité de la circulation *et le ton moral du voisinage*. Où la moralité va-t-elle se nicher?

Les promenades-concerts qui succèdent à la saison d'opéra, et doivent commencer le samedi, 4 courant, doivent être éclairées par la *Jablochkoff Electric Light Company* au moyen de 50 bougies et 100 foyers à incandescence. Le courant est produit à l'usine de cette Compagnie située de l'autre côté de la Tamise; nous donnerons, ultérieurement, de plus amples détails sur cet éclairage.

La Lampe-Soleil a Londres. — Dans le numéro 55 de l'*Électricien*, nous avons donné une description de l'éclairage du *South-Kensington*

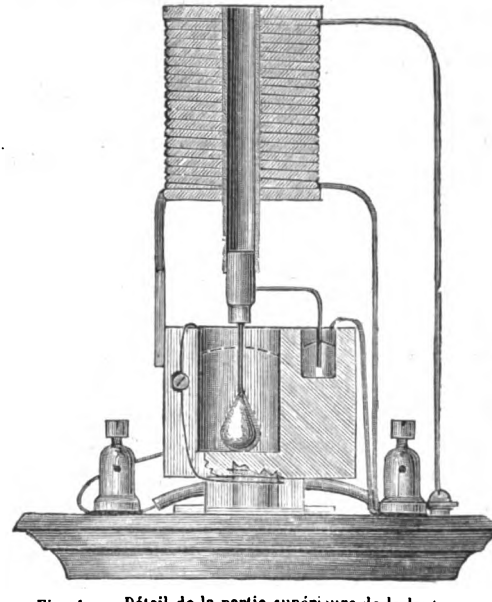


Fig 1. — Détail de la partie supérieure de la lanterne.

Museum au moyen de la Lampe-Soleil. Nous complétons aujourd'hui cette description par une série d'illustrations. La figure 1 représente le détail de la partie supérieure de la lanterne de la Lampe-Soleil en service au *South-Kensington Museum;* vue d'ensemble figure 3. La figure 2 est la vue d'ensemble de la Lampe-Soleil à rallumage automatique, la figure 4 le principe de la lampe avec son réallumage.

Digitized by Google

Dans la lampe représentée figure 2, le courant, à l'allumage, se distribue dans la lampe contenue dans la lanterne et dans la résistance artificielle figurée par les deux spires enroulées autour des montants

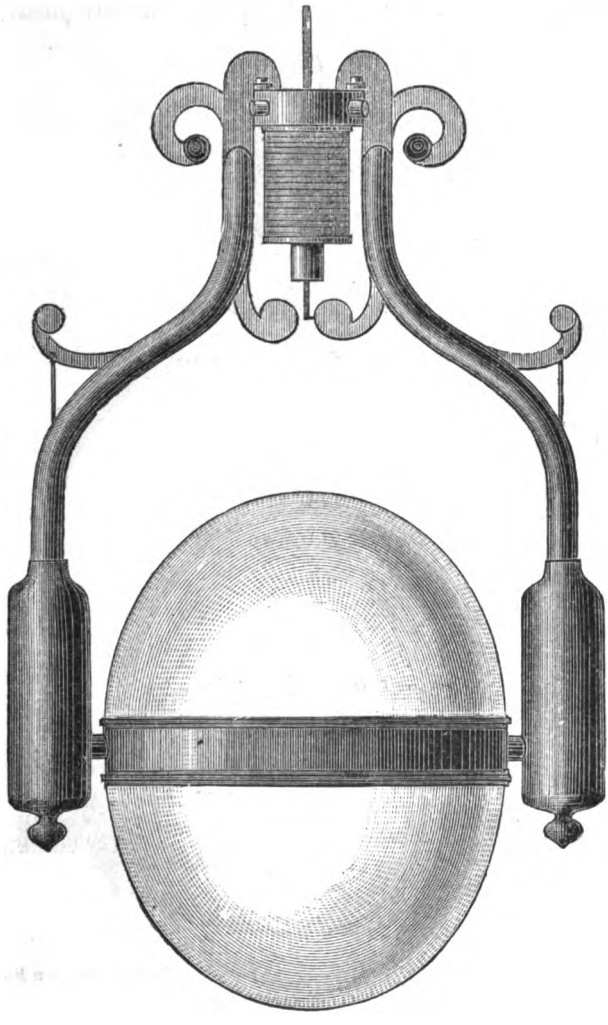


Fig. 2. — Vue d'ensemble de la lampe-soleil automatique.

de la suspension. La bobine placée entre lesdites spires se trouve dans le circuit de la lampe et lorsque l'arc est établi entre les deux crayons de la lampe, le plongeur (fig. 3) formant corps avec l'arma-

Digitized by Google

ture de ladite bobine est soulevé et le contact entre les deux coupes à mercure, lequel a lieu par la pièce métallique en forme de fourche, se trouvant interrompu, le courant cesse de passer par la résistance pour passer dans la lampe. Le courant de la lampe se trouve-t-il interrompu, le solénoïde cesse d'attirer son armature intérieure, le

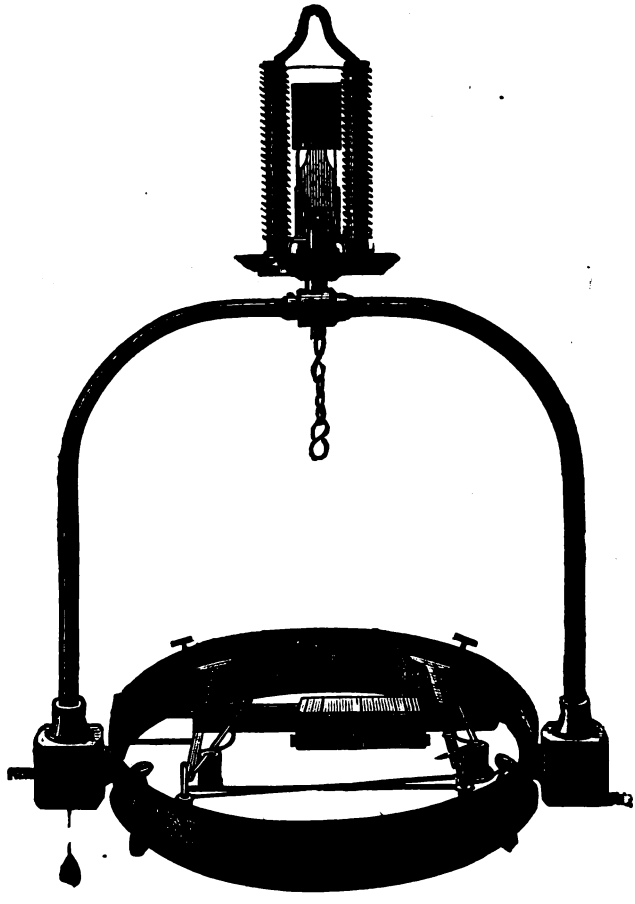


Fig. 3. — Lanterne de la lampe-soleil. — Type en service au South-Kensington Museum.

plongeur tombe et le circuit de la résistance se trouve fermé. Dans cette lampe (fig. 2) l'allumage se fait à la main; en poussant un poids suspendu, situé à gauche sur la figure, un ressort en spirale se développe et, par l'intermédiaire d'un pignon, fait avancer une crémaillère portant un petit crayon allumeur, jusqu'à ce que celui-ci,

Digitized by Google

passant par le charbon creux avec lequel il est en contact, vienne toucher le charbon opposé plein; le poids, abandonné à lui-même, remonte le ressort, en tirant en arrière le crayon réallumeur et son porte-crayon, et la lampe se trouve allumée. Une roue à ailettes et un train d'engrenages retardent le progrès de la formation de l'arc de manière à donner au marbre le temps de s'échauffer.

Fig. 4. — Réallumeur de la Lampe-Soleil.

Dans la figure 1, le mouvement de traction s'effectue automatiquement, par l'action du courant, dans le solénoïde placé à la partie supérieure de la lampe et par l'intermédiaire de leviers dissimulés dans l'appareillage, le modérateur se trouvant placé d'un côté de la lanterne et le veilleur automatique de l'autre côté. La figure 4 montre la disposition des deux crayons, du marbre, du charbon réallumeur et son porte-crayon. J.-A. Berly.

NOUVEL APPEL MAGNÉTO-ÉLECTRIQUE

DE M. ABDANK-ABAKANOWICZ

On a souvent intérêt, dans bon nombre d'applications, à supprimer les piles qui actionnent les sonneries, annonciateurs, etc., et à les remplacer par un système magnéto-électrique dans lequel le travail nécessaire à la mise en action du signal est emprunté à l'énergie musculaire de l'opérateur. Dans une communication téléphonique à transmetteur magnétique, par exemple, on simplifiera beaucoup l'installation en faisant usage d'un appareil magnétique pour actionner la sonnerie d'avertissement.

Pour la téléphonie à grande distance, la mise en action d'une sonnerie demande un nombre d'éléments qui augmente proportionnellement à la distance, tandis qu'un appel magnétique d'un prix donné fonctionne à de très grandes distances; il y a donc économie à en faire usage à partir d'une distance donnée, même conjointement avec un transmetteur microphonique puisque, pour ce dernier, le nombre

Digitized by Google

d'éléments nécessaires est presque constant, quelle que soit la distance.

L'appareil combiné par M. Abdank-Abakanowicz remplit parfaitement les conditions imposées par les applications que nous venons de signaler et bien d'autres qu'il est facile de concevoir.

La figure 1 représente le transmetteur et la figure 2 la sonnerie réceptrice correspondante.

Le transmetteur se compose d'un aimant en U entre les branches

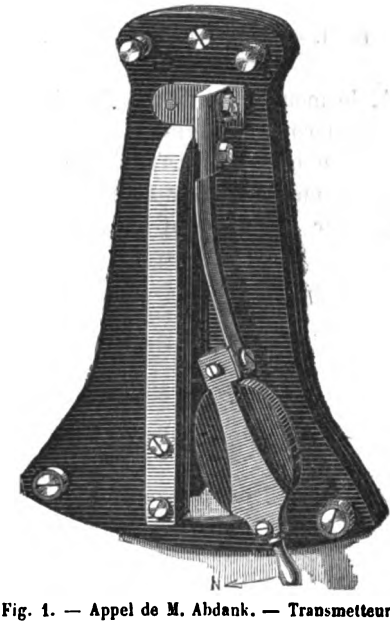


Fig. 1. — Appel de M. Abdank. — Transmetteur.

duquel se déplace une bobine garnie en son milieu d'un noyau de fer et fixée à une extrémité d'un ressort dont l'autre extrémité est solidement assujettie au support de l'appareil. On écarte la bobine de sa position d'équilibre entre les branches de l'aimant en U, en poussant un bouton en forme de manette disposé à la partie inférieure de la bobine, et on l'abandonne à elle-même; sous l'action du ressort, la bobine oscille rapidement comme un pendule entre les branches de l'aimant et le fil qui la compose se trouve alors traversé par une série de courants alternatifs *ondulatoires;* ces courants durent quelques secondes, jusqu'à ce que la bobine soit revenue à sa position de repos.

Les courants ondulatoires ainsi développés arrivent dans le récepteur formé d'une seconde bobine roulée sur une feuille de tôle taillée

Digitized by Google

en forme de double T et se mouvant dans un champ magnétique constitué par deux aimants permanents. Cette pièce en double T portant la bobine est fixée sur un ressort qui permet de régler ses vibrations et de les rendre sensiblement *synchroniques* avec celles du transmetteur, ce qui augmente la sensibilité de l'appareil. L'autre extrémité est munie d'une petite boule de laiton qui vient frapper alternativement les deux timbres lorsque la bobine est traversée par les courants ondulatoires fournis par le transmetteur.

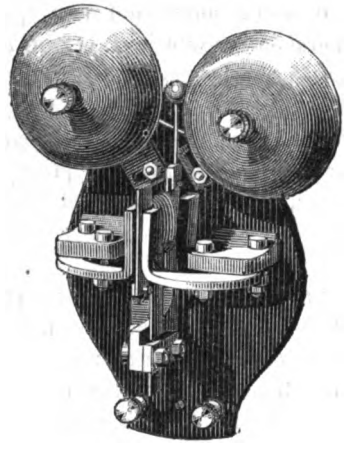


Fig. 2. — Appel de M. Abdank. — Récepteur.

L'appel ainsi constitué est très simple de maniement et de fonctionnement, il fonctionne dans toutes les positions et ne demande aucun entretien. Il suffit de fixer solidement le transmetteur sur une table ou contre un mur et de le relier au récepteur qu'il doit desservir. Pour le manœuvrer, on écarte la manette de sa position jusqu'à ce qu'elle vienne presque toucher le butoir qui limite sa course, et on l'abandonne à elle-même : les courants ondulatoires développés par ce système présentent le grand avantage de ne produire aucun bruit d'induction sur les lignes voisines, à cause même de leur nature et de la durée de leur phase de vibration qui dépasse $\frac{1}{16}$ de seconde, limite inférieure des sons perceptibles. C'est là une qualité précieuse qui en recommande l'emploi pour le service des communications téléphoniques.

Digitized by Google

NOUVEAU COMPTEUR D'ÉLECTRICITÉ

Depuis l'invention des machines dynamo-électriques, qui ont permis à la science de mettre au service de l'industrie de grandes quantités d'électricité à bas prix, il était facile de prévoir qu'avant peu on arriverait à distribuer à domicile, aussi facilement que l'eau et le gaz, cet agent qui, hier, paraissait mystérieux, et qui, aujourd'hui, docile et soumis, nous rend des services à chaque instant, et qui, demain, paraîtra aussi indispensable que tant d'autres objets auxquels nous nous sommes habitués, et dont nous ne saurions plus nous passer.

Chacun connaît l'extension considérable prise par la télégraphie électrique, le téléphone, la galvanoplastie et l'éclairage électrique; on prévoit l'importance que prendra la transmission électrique de la force à distance.

Aujourd'hui plusieurs sociétés se sont fondées en vue de distribuer l'électricité comme moyen d'éclairage. Pour cela, ces sociétés, imitant avec raison les dispositions générales adoptées par les sociétés d'éclairage au gaz, construisent une usine centrale, où l'électricité est *produite* [1] en grande quantité, aussi économiquement que possible. De l'usine centrale partent, suivant les besoins, un plus ou moins grand nombre de conducteurs en cuivre isolé, d'un diamètre suffisant pour les besoins, lesquels suivent les rues ou artères à desservir et sur lesquels se soudent des fils plus petits, destinés à pénétrer dans les locaux ou habitations à éclairer.

Chaque consommateur doit pouvoir employer autant d'électricité qu'il le désire, c'est-à-dire, par exemple, allumer à volonté et quand cela lui plaît une ou plusieurs lampes, ainsi que cela a lieu pour le gaz. Ce point a été heureusement résolu; mais jusqu'ici une question sérieuse venait heurter la mise en pratique : Comment constater la quantité réelle d'électricité employée? Sur quelle base en établir le prix? Veut-on la faire payer à l'heure? On se heurte à de grosses difficultés pratiques. Veut-on au contraire contrôler la dépense au moyen des unités connues, les *ampères*, les *coulombs*, mesures admises pour l'électricité? Dans ce cas, il faut exiger des deux parties un employé placé en permanence devant le *galvanomètre* ou appareil destiné à mesurer le courant électrique, dont l'intensité peut varier à chaque

[1] Dans le sens commercial du mot.

Digitized by Google

seconde. En un mot, il manquait un *compteur d'électricité* permettant aux sociétés d'éclairage, comme aux consommateurs, de constater la consommation réelle de chaque abonné, ainsi que cela a lieu pour le gaz, appareil sans lequel cette consommation serait nécessairement très limitée.

Aussitôt cette nécessité constatée, les physiciens se sont mis à l'œuvre, mais le problème n'était pas facile, et jusqu'ici un seul constructeur, à notre connaissance, le célèbre inventeur américain Edison, a construit un compteur d'électricité qui, malgré des inconvénients et des imperfections bien constatées, a dû être appliqué depuis quelque temps, afin de pouvoir utiliser, en attendant mieux, la lumière que l'on est forcé de reconnaître supérieure à toute autre. Le compteur Edison est basé sur les effets chimiques de l'électricité, c'est-à-dire sur la décomposition des sels de cuivre ou de zinc par le courant. Réduit à sa plus simple expression, l'appareil consiste en un vase en verre, rempli presque complètement d'une dissolution de sulfate de cuivre (ou de zinc), dans laquelle plongent deux lames du même métal et au travers desquelles on fait passer le courant à mesurer. L'électricité traversant la dissolution en la décomposant, le cuivre se dépose sur la plaque communiquant avec le pôle négatif et la rend plus lourde; c'est de cette différence de poids, avant et après le passage du courant, qu'on déduit la quantité d'électricité qui a traversé l'appareil.

Quoique très simple à première vue, et même très précis pour des expériences de laboratoire de courte durée, cet appareil offre de graves inconvénients dans la pratique. Les principaux sont :

1° L'emploi d'un liquide; cet emploi présente plusieurs inconvénients, entre autres l'évaporation, qui diminue la quantité de liquide et diminue par là la section conductrice et par le fait affaiblit l'intensité du courant; ensuite, l'appareil ne peut fonctionner qu'étant absolument immobile.

2° La conductibilité électrique de la dissolution de sulfate de cuivre change considérablement avec la température et fausse par le fait les indications dans une proportion inadmissible, même en pratique industrielle.

3° Le sens du courant ne doit pas changer; sans cela les indications d'une journée, par exemple, seraient complètement annulées par celles de la journée suivante.

4° Vu sa grande résistance, il est impossible de faire passer une grande quantité d'électricité à travers l'appareil; on ne fait généralement passer que la *centième* ou la *millième* partie du courant à mesurer, d'où il peut de ce seul fait résulter une erreur considérable.

Digitized by Google

Mais cette erreur est autrement considérable, lorsqu'elle est un peu importante, si elle est multipliée par cent ou par mille, suivant la fraction du courant que l'on fait passer dans l'appareil.

5° La pesée des lames de cuivre devant se faire à un milligramme près, il faut prendre des précautions telles, que cette opération ne peut pas être confiée à chacun, et qu'il faut posséder des appareils de précision pour l'exécuter.

Les nombreux inconvénients que l'on reconnaît dans les compteurs basés sur les actions chimiques ont engagé à abandonner l'idée de chercher de ce côté la solution demandée et nous ont porté à rechercher un appareil basé sur les actions physiques des courants, c'est-à-dire un appareil mécanique tel que celui que nous allons décrire en peu de mots; le dessin et sa légende feront comprendre le jeu des parties accessoires de l'appareil.

L'unité de quantité d'électricité étant le *coulomb*, c'est-à-dire l'*ampère* (unité d'intensité) dans une seconde (prise comme unité de temps), on comprendra facilement qu'un mécanisme réalisant l'enregistrement simultané d'un bon *ampèremètre* et d'un pendule ou autre appareil mesurant la seconde constituera un *compteur d'électricité* aussi parfait qu'on peut le désirer.

Cet appareil, qui a été présenté à l'Académie des sciences par son secrétaire perpétuel, M. Dumas, est actuellement soumis à l'examen détaillé de la section de physique, à laquelle M. Du Moncel a été prié de s'adjoindre (voy. les *Comptes rendus de l'Académie des sciences*, du 16 juillet 1883, n° 3, p. 147).

Le principe de ce mécanisme est réalisé de la manière suivante (fig. 1).

R est un cylindre d'une dimension quelconque, mû par un mouvement d'horlogerie et tournant sur son axe *i*, à raison d'un tour par seconde, par exemple. Ce cylindre, semblable à peu près à celui d'une boîte à musique, est muni de dents *d*, disposées d'une manière spéciale sur des cercles tracés, à égale distance les uns des autres, sur la surface du cylindre. Le cercle *m*, qui divise le cylindre en deux parties égales, ne reçoit pas de dents. Sur chacun des cercles *n*, à gauche et à droite du milieu, se trouve *une* dent; sur les seconds cercles *o*, deux dents; sur les troisièmes *p*, trois dents, et ainsi de suite jusqu'aux extrémités du cylindre; *a* est l'aiguille d'un ampèremètre construit spécialement, et dont l'extrémité libre se trouve en face du cercle qui divise le cylindre en deux parties égales, et à une très petite distance de celui-ci. Dans cette position, et si aucun courant ne traverse l'appareil, le cylindre R pourra tourner sans qu'aucune de ses dents vienne toucher l'aiguille *a*; mais si un courant, d'un

Digitized by Google

ampère, par exemple, traverse l'ampèremètre, l'aiguille déviera à gauche ou à droite, suivant le sens du courant, et viendra se placer en face du cercle *n*: alors, à chaque tour du cylindre R, la dent *d*, placée sur le cercle *n*, viendra presser légèrement l'aiguille *a*, et, au moyen d'une disposition *électrique* ou *mécanique* facile à imaginer,

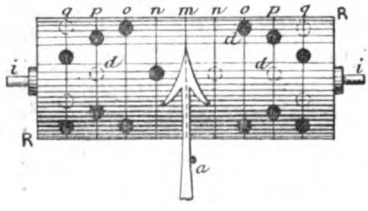


Fig. 1. — Figure de principe du compteur d'électricité de M. J. Cauderay.

fera avancer l'aiguille d'un enregistreur, semblable à ceux employés dans les compteurs à gaz, d'une unité par seconde, puisque nous avons admis que le cylindre R tournait sur lui-même à raison d'un tour par seconde.

Si le courant qui traverse l'appareil a une intensité de deux ampères, l'aiguille *a* viendra se placer en face du cercle *o*, sur lequel se trouvent deux dents, et, à chaque tour du cylindre, les aiguilles du compteur enregistreront deux unités, et ainsi de suite pour une intensité plus considérable.

Un mouvement d'horlogerie mesure la seconde et fait tourner le cylindre; un appareil déclancheur (cran d'arrêt) permet au mouvement d'horlogerie de se mettre en marche sitôt que la différence de potentiel est suffisante pour produire de la lumière normale, et l'arrête si celle-ci s'affaiblit au delà du degré voulu, ou dans le cas où elle s'éteint.

Il est inutile de dire que l'appareil n'enregistrera pas seulement des ampères, mais aussi des demi-ampères et des quantités plus minimes encore. Il en est de même de la critique qui consisterait à dire que l'aiguille pourrait passer entre les dents sans les toucher. Il va sans dire que le cas a été prévu et que cela ne se peut pas. D'ailleurs les essais pratiques, faits dans les conditions les moins favorables, soit dans les laboratoires académiques par les savants, soit dans les différents ateliers d'industriels, ont démontré la parfaite exactitude de l'appareil. On a répondu victorieusement, et par des expériences faites au moyen d'appareils très puissants, à l'objection que l'aiguille du galvanomètre pourrait être déviée au moyen d'un puissant aimant ou d'un électro-aimant, et que le client pourrait par ce moyen frauder

Digitized by Google

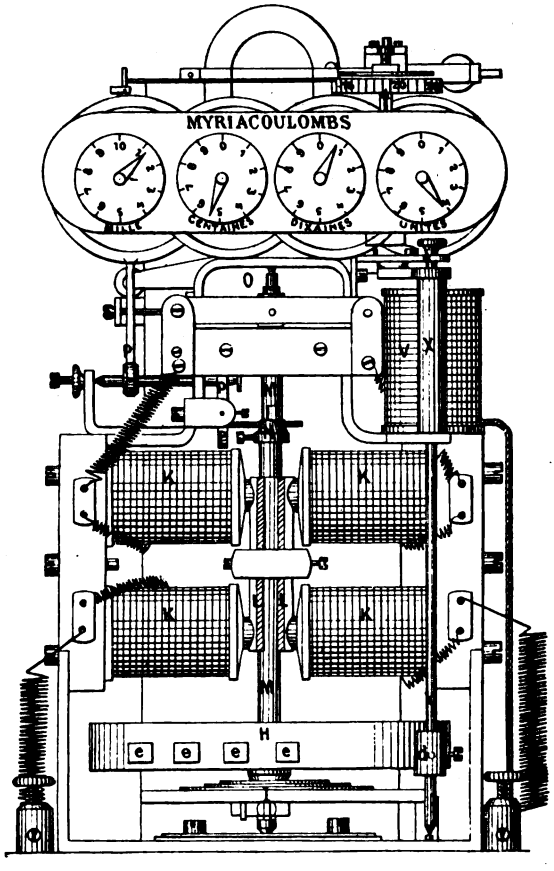


Fig. 2. — Vue de face du compteur.

Galvanomètre. — A, aimant en acier d'Allevard. — *a*, grande aiguille, portant à son extrémité libre une petite pièce triangulaire en bronze, contre laquelle viennent presser les dents du cylindre R. — *b*, petite aiguille indicatrice. — *c*, contre-poids des aiguilles. — B, pôles en fer doux. — C, pôles mobiles du galvanomètre permettant de modifier le champ magnétique à volonté. — D, bobines du galvanomètre.

Mouvement d'horlogerie. — H, balancier circulaire, pesant environ 700 grammes, réglé au moyen du spiral I, à raison d'une oscillation double par seconde et maintenu en mouvement par les électro-aimants K,K attirant les armatures L,L fixées sur l'axe M du balancier. — I, spiral en acier réglant les oscillations du balancier H. — K,K, électro-aimant à fil fin, d'environ 1000 ohms de résistance, animé par une dérivation du courant principal dont le passage est réglé au moyen de la disposition bien connue employée par M. Hipp pour ses régulateurs, mais modifiée pour être adaptée au système circulaire, disposition invisible dans le dessin. — L,L, armatures en fer doux, attirées par les électro-aimants K,K et donnant le mouvement au balancier H. — M, axe en acier, portant le balancier H, le spiral I, les armatures L,L, l'excentrique N et le régulateur du courant agissant sur le ressort du contact O. — N, excentrique destiné à transmettre un mouvement d'un tour par 100 secondes au cylindre R, par l'inter-

Digitized by Google

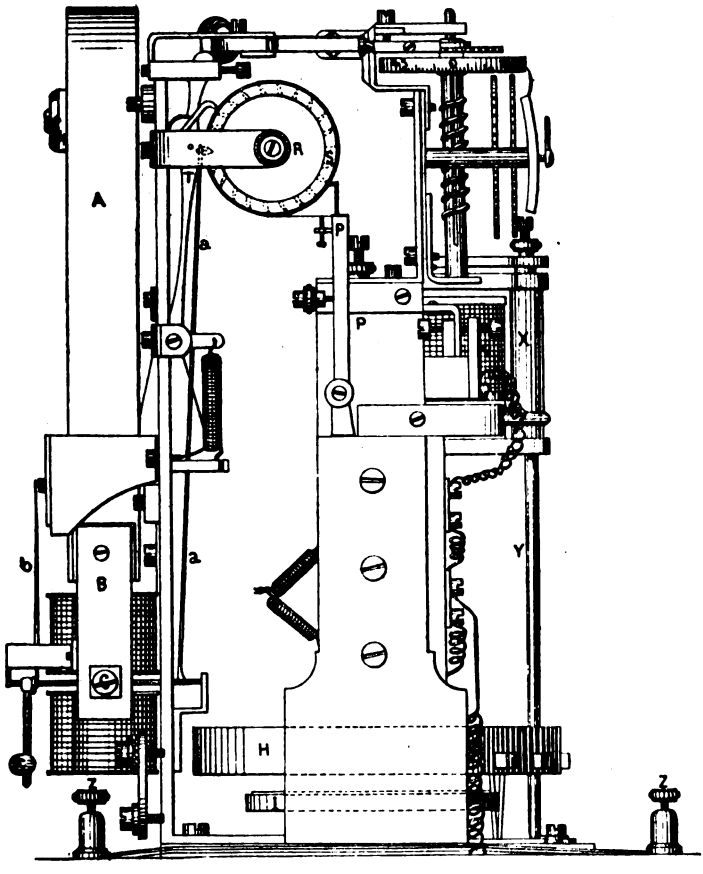


Fig. 3. — Vue latérale du compteur.

médiaire des leviers P. — O, ressort de contact commandé par un petit régulateur, système Hipp, invisible dans le dessin et faisant passer le courant dans les électro-aimants K,K. — P, leviers de transmission entre le balancier H et le cylindre P. — R. Pièce principale de l'appareil, consistant en un cylindre mû par le balancier H, à raison d'un tour en 100 secondes, et portant sur sa surface génératrice des dents disposées, comme nous l'avons décrit plus haut, en donnant la description du principe sur lequel est basé l'appareil. — S, roue à rochet de 100 dents, fixée sur l'axe du cylindre R, et servant à transformer le mouvement de va-et-vient du levier de transmission P en mouvement de rotation du cylindre R. — T,T, levier de transmission entre l'aiguille du galvanomètre et l'enregistreur. — U,U,U,U, cadrans de l'enregistreur. Le cadran de droite indique les unités de myria-coulombs ; les suivants, les dizaines, centaines, etc. — V, électro-aimant à fil gros ou fin, suivant l'usage réclamé de l'appareil déclancheur, c'est-à-dire du mécanisme au moyen duquel l'appareil d'horlogerie se met en mouvement sitôt que l'appareil est traversé par un courant capable d'être enregistré par lui. X, pièce portant la came du déclancheur. — *d*, came du déclancheur immobilisant le balancier avec le concours des dents *e,e,e,e,e*, fixées sur le balancier H, lorsque le courant est interrompu. — *e,e,e,e*, dents de rochets fixées sur la circonférence du balancier H. — Y, axe de transmission de l'armature X, à la came *d*. — Z, bornes d'attache des fils conducteurs.

Digitized by Google

la Compagnie. L'impossibilité de toute fraude a été complètement démontrée.

Les principaux avantages de ce compteur sont les suivants :

1° L'appareil entièrement mécanique, étant basé sur les effets physiques des courants, bénéficie de tous les avantages de ceux-ci, comparés aux compteurs basés sur les effets chimiques.

2° La résistance étant invariable et très faible (environ 1 millième d'ohm) permet de faire passer la totalité du courant à mesurer par les bobines de l'appareil, ce qui constitue un avantage très sérieux pour l'exactitude des résultats.

3° Le courant peut changer de sens fréquemment sans altérer l'exactitude des indications.

4° *L'appareil peut fonctionner dans toutes les positions*, sans cesser d'être exact.

5° Le compteur indique directement la quantité en *coulombs*. Sachant que, pour l'éclairage par incandescence, le calcul indique qu'un mètre cube de gaz donne la même quantité de lumière que 10 080 coulombs[1], on a profité de cette concordance pour graduer les cadrans de l'appareil en *myria-coulombs*, quantité qui sera en fait tout à fait comparable au *mètre cube de gaz* dans la pratique.

6° Le champ magnétique de l'ampèremètre pouvant se régler à volonté, il sera toujours très facile de l'étalonner à nouveau ou de le régler, si une vérification montrait qu'après quelques mois ou quelques années il est survenu un changement dans l'état magnétique de l'aimant.

7° Enfin, il sera très facile de remplacer l'ampère-mètre par un électro-dynamomètre, et de mesurer ainsi les courants alternatifs eux-mêmes.

DISPOSITIONS DE L'APPAREIL PRATIQUE

Notre intention est de contruire trois modèles de compteurs d'électricité, cela afin de pouvoir satisfaire aux exigences non seulement de l'éclairage électrique, mais encore à celles d'autres industries et aussi pour les recherches scientifiques.

Le premier modèle (celui décrit dans le premier brevet) sera destiné aux recherches scientifiques, et sera construit non seulement avec toute la précision nécessaire, mais sera en outre disposé pour mesurer les plus minimes intensités, dans des espaces de temps très courts, et entretenu en mouvement avec des forces électro-motrices très faibles ou au moyen d'un mouvement d'horlogerie quelconque.

[1] Avec une force électromotrice de 100 volts.

Digitized by Google

Le second modèle, destiné à l'industrie, sera construit pour mesurer des quantités quelconques, quelle que soit la différence de potentiels.

Le troisième modèle, spécialement destiné à l'éclairage par incandescence, mesure une quantité quelconque d'ampères. Il sera construit à volonté pour des différences de potentiels, aux bornes de l'appareil, de 25, 50 ou 100 volts, selon les besoins. On doit attirer l'attention sur le fait que cette disposition offre une garantie sérieuse aux consommateurs; car on sait, pour ne citer qu'un exemple, que la lampe Edison exige 100 volts pour produire l'éclairage normal. Or, si la différence de potentiel tombe à 85 volts, par exemple, pour une cause quelconque, la lampe n'éclaire presque plus, quoique l'intensité du courant soit presque la même, puisqu'elle ne serait diminuée que de 15 pour 100. Si le compteur continuait à marcher dans ces conditions, le consommateur n'aurait qu'une diminution de 15 pour 100 sur le prix pour une extinction presque totale de lumière, ce qui serait évidemment fort onéreux pour lui. Nous avons prévu ce cas, et notre appareil a pu être construit et réglé de telle façon que, si la différence de potentiel tombe à 85 volts, le mouvement d'horlogerie s'arrête, et l'appareil cesse de compter.

On peut donc dire que si la société livre de la lumière de mauvaise qualité, quoique en quantité suffisante, le compteur refusera de fonctionner, jusqu'à ce que l'amélioration se produise et que la qualité soit redevenue normale.

Les légendes qui accompagnent les figures 2 et 3 permettent de se rendre compte des dispositions de l'appareil, susceptible d'ailleurs de certaines modifications et simplifications, suivant les applications auxquelles on le destine. J. Cauderay.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 23 juillet 1883.

Sur un galvanomètre universel sans oscillation, pour la mesure rapide des courants de grande intensité ou de haute tension. — Note de M. Ducretet, présentée par M. C. Wolff.

La boussole des tangentes dont il s'agit offre l'avantage de donner une mesure presque instantanée de l'intensité des courants. Cette

Digitized by Google

propriété précieuse est obtenue par la suppression des oscillations de l'aiguille, qui est complètement immergée dans un liquide transparent enfermé dans une boîte à compensation, comme on l'a déjà fait pour les boussoles marines. Cette disposition, qui peut être adaptée à toute espèce de galvanomètre, amortit les oscillations bien plus vite que ne font les amortisseurs en cuivre ou les aimants puissants quelquefois employés, et elle laisse à l'aiguille toute sa sensibilité.

Il suit de là : 1° Que, dans l'étude des piles, on peut obtenir la valeur de l'intensité du courant ou de la force électromotrice de la pile, avant que les phénomènes de polarisation se soient produits, bien qu'ils se produisent très rapidement lorsque la pile est fermée par un circuit de résistance nulle, comme c'est le cas pour la mesure des intensités ; 2° qu'on peut suivre pas à pas toutes les variations du courant, faibles ou fortes, lentes ou brusques, observation précieuse pour l'étude des courants des piles et surtout de ceux des machines magnéto-électriques.

L'aiguille aimantée, de très petites dimensions, est portée par une chape en agate sur une pointe très fine non oxydable ; elle se prolonge par une tige très déliée en aluminium qui parcourt les divisions du cadran. Le fond de la boîte est formé par un miroir platiné, l'index de l'aiguille s'y réfléchit et la superposition de l'index à son image écarte toute erreur de parallaxe.

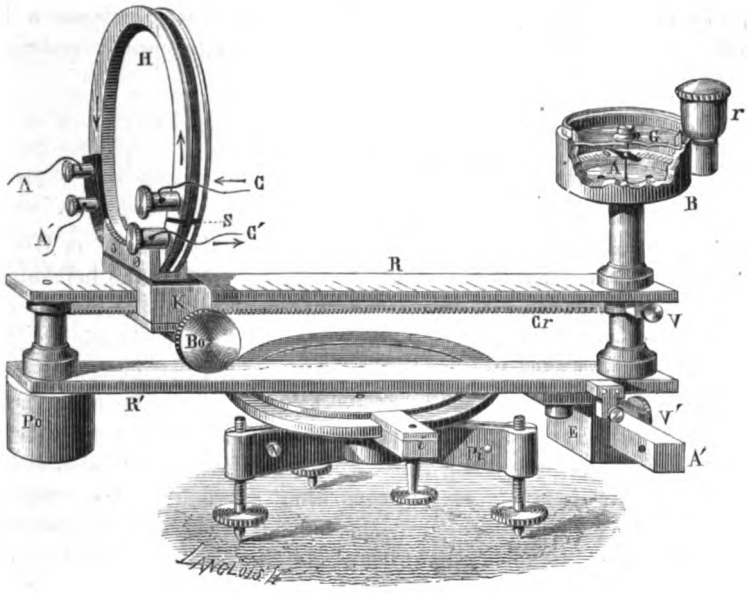
La boîte de l'aiguille est montée à centre à l'extrémité d'une règle graduée, mobile elle-même sur un axe vertical servant à l'orientation de tout le système. Un aimant puissant, faisant fonction d'aimant directeur, peut être fixé au-dessous de l'aiguille de la boussole ; son action s'ajoute à l'action directrice de la terre et constitue un champ magnétique assez intense, qui rend peu sensibles les variations extérieures. Le cadre multiplicateur circulaire est mobile le long de la règle et peut être amené rapidement à une distance quelconque de l'aiguille à l'aide d'une crémaillère et d'un bouton. Grâce à cette disposition, la boussole peut être employée à la mesure soit de l'intensité des courants, soit de la force électromotrice des piles, dans des limites très étendues, de $\frac{1}{10}$ d'ampère à 400 ampères environ pour l'intensité, de $\frac{1}{10}$ de volt jusqu'à 700 volts et au delà pour la force électromotrice.

Dans le premier cas (ampéremètre), on fait passer le courant dans le cadre même du multiplicateur, dont la résistance est inappréciable. On détermine, par étalonnage, une table de correspondance entre les degrés du cadran, suivant les diverses positions du cadre sur

Digitized by Google

la règle, et la valeur en ampères du courant qui le traverse. L'expérience montre qu'il y a sensiblement proportionnalité jusqu'à 35 degrés entre les intensités et les déviations.

Lorsque la boussole est employée comme galvanomètre de force électromotrice ou voltmètre, on fait passer le courant dans un fil de maillechort très fin, enroulé sur la gorge du cadre et représentant une résistance très grande, 5490 ohms. L'intensité du courant est alors très sensiblement proportionnelle à la force électromotrice. On



Galvanomètre apériodique de M. Ducretet.

étalonne l'appareil en volts pour les diverses positions du cadre. La proportionnalité entre les forces électromotrices et les degrés de déviation se soutient encore jusqu'à 35 degrés environ.

On doit vérifier fréquemment l'étalonnage de l'appareil, qui peut varier par suite des variations de la composante horizontale terrestre et de celles de l'aimant directeur. Cette vérification se fait en lançant dans les circuits le courant d'un grand élément Daniell dont la force électromotrice est connue et dont on détermine la résistance.

Séance du 30 juillet 1883.

M. J. Cauderay adresse une nouvelle description, accompagnée de planches, de son *compteur d'électricité* (Voy. page 180).

Digitized by Google

M. G. Cabanellas, estimant que le théorème présenté par M. Thévenin à l'Académie dans sa séance du 16 juillet comporte un surcroît de généralité, propose de le modifier comme suit :

Si un système électrique quelconque, à l'état permanent des tensions, est relié, par deux quelconques de ses points, à un second système électrique quelconque, on peut, sans modifier aucun des effets du premier système sur le second, réduire entre les deux points le premier système à la simple expression d'une résistance égale à la résistance inerte du système entre ces points, et à une force électromotrice égale à la différence des potentiels primitifs des deux points du premier système.

BIBLIOGRAPHIE

Internationale Zeitschrift fur die elektrische Austellung in Wien, 1883. — Souhaitons la bienvenue à cette nouvelle revue hebdomadaire publiée en vue de l'Exposition internationale d'électricité de Vienne et rédigée par MM. *J. Kraemer*, ingénieur électricien du chemin de fer *Kaiser Franz Joseph*, et le docteur *Ernst Lecker*, directeur du laboratoire de physique de l'Université de Vienne. Trois numéros sur vingt-quatre qui composeront la collection nous sont déjà parvenus et nous avons pu apprécier le luxe d'impression et les belles illustrations de cette publication. En dehors des comptes rendus spéciaux à l'Exposition, nous avons pu lire d'excellents articles sur plusieurs sujets des plus intéressants. Nous nous faisons donc un devoir de signaler cette publication à nos lecteurs et nous comptons bien leur donner très prochainement la primeur d'un des articles mentionnés plus haut.

FAITS DIVERS

Exposition internationale d'électricité, Vienne 1883. — Parmi les travaux qui doivent montrer le grand progrès que les dernières années ont apporté dans le domaine du transport de la force électrique, l'érection au milieu de la rotonde d'une cascade, qui répandra une fraîcheur agréable et offrira un beau coup d'œil, obtiendra certainement l'approbation du public qui visitera l'exposition. Si le temps et le local le permettent, cette cascade sera exécutée sur le plan des fontaines de l'église Saint-Pierre à Rome. Une pompe activée par une transmission de force électrique de 40 chevaux vapeur élevera jus-

Digitized by Google

qu'au déversoir supérieur, à une hauteur de 7 à 8 mètres, une quantité d'eau considérable qui retombera de là sur une coquille réceptrice placée au-dessous, et de celle-ci dans le bassin du grand jet d'eau, qui fera jouer encore pendant l'Exposition ses colonnes d'eau de 25 mètres de hauteur.

La *Société Gramme* qui, à l'Exposition universelle de 1873, montra pour la première fois la transmission de force électrique au service d'une petite pompe et employa à cet effet deux chevaux-vapeur environ, exécutera l'installation dont nous venons de parler et exposera, comme pièce historique, la machine qui fonctionna à cette époque.

—

Société d'encouragement pour l'industrie nationale. — Parmi les nombreux prix proposés par la Société d'encouragement pour l'année 1884, nous remarquons les suivants qui intéressent plus particulièrement les électriciens :

Arts mécaniques. — Prix de 1000 francs pour un petit moteur destiné à un atelier de famille.

Arts chimiques. — Prix de 2000 francs pour la préparation économique de l'ozone et pour ses applications.

Prix de 1000 francs pour l'utilisation des résidus de fabrique.

Agriculture. — Prix de 3000 francs pour la découverte de procédés perfectionnés de transmission, à distance, de la force motrice à des machines d'agriculture.

Les pièces relatives à ces concours seront adressées au secrétaire de la Société d'encouragement pour l'industrie nationale, à Paris, rue de Rennes, 44. Elles devront être remises avant le 1er janvier 1884. Ce terme est de rigueur.

On délivre gratuitement, au siège de la Société, les programmes détaillés des prix mis aux concours, où se trouvent tous les renseignements utiles aux concurrents.

—

Diplôme d'ingénieur électricien en Belgique. — Le Ministre de l'Instruction publique en Belgique voulant compléter et développer l'enseignement des applications de l'électricité aux écoles spéciales annexées à l'Université de Liège, et sur les propositions du Conseil de perfectionnement de ces écoles, a pris un arrêté, en date du 24 juillet, instituant un *diplôme d'ingénieur électricien.*

Ce diplôme sera conféré aux ingénieurs honoraires et civils des mines et aux ingénieurs mécaniciens de la section belge qui, après une année complémentaire d'études spéciales, auront satisfait aux conditions d'un programme détaillé ci-dessous (A.). Il sera conféré aussi aux élèves ingénieurs des mines ou aux élèves mécaniciens de la section belge qui, après deux années d'études spéciales, auront satisfait aux conditions des programmes B et C.

Des certificats pourront être accordés aux ingénieurs des arts et manufactures et aux ingénieurs mécaniciens de la section étrangère, qui auront suivi avec succès les études et les exercices de l'année spéciale, conformément au programme A, à l'exclusion de la théorie mathématique de l'électricité.

Digitized by Google

PROGRAMME A. — *Année complémentaire d'études.*

Théorie de l'électricité. — Électrotechnique, comprenant les diverses applications de l'électricité. — Travail au laboratoire d'électricité. — Rédaction de projets concernant les diverses branches de l'électrotechnique.

PROGRAMME B. — *Première année d'études spéciales.*

Théorie de l'électricité. — Électrotechnique (1re partie). — Mécanique appliquée. — Physique industrielle (thermodynamique et applications). — Architecture industrielle (1re partie). — Cours et dessin des machines. — Travail au laboratoire d'électricité. — Langue anglaise ou allemande.

PROGRAMME C. — *Deuxième année d'études spéciales.*

Électrotechnique (2e et 3e parties). — Métallurgie (1re et 2e parties). — Exploitation des chemins de fer. — Architecture industrielle (2e partie). — Dessin et projet d'architecture industrielle. — Travail au laboratoire d'électricité. — Rédaction de projets concernant les applications de l'électricité. — Langue anglaise ou allemande.

—

UN PROJET DE TRANSMISSION DE FORCE A DISTANCE. — Dans une récente communication faite à la Société des sciences naturelles de Neufchatel, M. F. Borel a établi que, pour transporter une force de 1000 chevaux avec une perte de moitié environ à une distance de 20 kilomètres, il suffisait d'un conducteur en cuivre de 9 millimètres de diamètre, en prenant comme force électromotrice initiale 5000 volts, chiffre que l'auteur considère comme n'étant nullement exagéré. Un calcul très simple montre que l'intensité correspondante devrait être de 150 ampères. Si la ligne doit être aérienne, nous n'avons qu'une médiocre confiance dans son fonctionnement au point de vue des pertes par dérivations et des dangers qu'elle peut faire courir, sans compter que des barres de cuivre de 9 millimètres sont bien faites pour tenter les voleurs; si la ligne doit être souterraine, nous nous demandons comment se comportera l'isolant d'un câble de 9 millimètres traversé par un courant de 150 ampères. Nous aimerions bien avoir quelques résultats d'expérience sur ces intéressantes questions qui, jusqu'à présent, se résument seulement à de beaux projets.... sur le papier.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

SUR LA TRACTION PAR ACCUMULATEURS

CONSIDÉRATIONS THÉORIQUES

Dès l'apparition des premiers accumulateurs industriels[1], quelques ingénieurs comprirent que les piles secondaires devaient supplanter, dans la traction électrique, la transmission d'énergie par les rails ou par des conducteurs régnant le long de la voie; il n'est plus permis d'en douter aujourd'hui.

Les promoteurs mêmes de l'ancien procédé ont reconnu que son emploi est fort limité, peu sûr, et nullement économique. Par contre, la traction par accumulateurs est entrée dans le domaine des faits : le tram-car agencé par MM. Faure et Raffart, en juin 1881, la locomotive Dupuy qui fonctionne depuis mars 1882[2], celles de M. Suc à l'exposition d'Amsterdam, enfin les expériences publiques récemment faites à Paris par la *French Electrical Power Storage*, ne permettent plus de nier la praticabilité du procédé nouveau.

Il reste à prouver que la traction par piles secondaires peut être, dès maintenant, employée avec économie ; les plus rudes adversaires des accumulateurs ont dû concentrer leurs critiques sur la question du prix de revient, qui est de première importance.

De vives polémiques s'élèvent entre les partisans et les ennemis de l'accumulateur. Ces discussions, qui parfois semblent dégénérer en querelles de personnes, restent sans grand résultat, parce qu'elles n'embrassent pas la question dans son ensemble. On discute longuement des prix tout à fait relatifs et variables; on condamne ou l'on défend tels détails évidemment perfectibles, — cependant que, perdant de vue l'ensemble du problème, on néglige la partie physique, laquelle à mon avis domine toute la question.

[1] Voy. ma communication du 12 avril 1881, à la *Soc. d'encouragement*, sur les accumulateurs Faure.

[2] *Ibidem*, séance du 28 avril 1882, ma communication sur la locomotive Dupuy.

Digitized by Google

L'*Electricien* va essayer de relever le débat, en l'appuyant sur des considérations théoriques. Sa critique sera purement *objective*, et exempte de parti pris.

Le tram-car de la F. E. P. S. C°, le seul qui ait publiquement fonctionné à Paris, sera examiné dans ses diverses parties, on étudiera son fonctionnement dans ses manœuvres variées; puis les faits observés seront traduits en quelques formules élémentaires. La discussion dégagera certains faits importants, jusqu'ici inaperçus ou négligés par les praticiens; elle fournira des conclusions théoriques sur lesquelles on pourra solidement baser le calcul des prix de revient.

I

Donc, je monte sur le tram-car Philippart, et le lecteur y monte avec moi.

C'est une voiture du grand modèle à 50 places, prêtée par la *Compagnie générale des omnibus de Paris*. L'aspect extérieur n'a pas été modifié. Les accumulateurs, au nombre de 80[1], pesant 30 kilogrammes chacun, sont logés sous les banquettes.

Le poids de chaque accumulateur est réparti comme suit :

	kilogrammes.
Plomb et oxydes	17,600
Récipient.	3,500
Eau, acide sulfurique, bornes, couvercle	8,900

Le mécanisme, agencé par M. Raffart, est placé sous la caisse de la voiture ; il se compose d'un moteur électrique (Siemens D² à électros insérés et à changement de marche), commandant les roues motrices par une transmission, au moyen d'une courroie et d'une chaîne de Galle (la courroie est provisoire, elle sera

[1] Avec 50 accumulateurs seulement on a pu effectuer le trajet de la rue de Montreuil à la gare du Nord et retour; toutes les rampes du parcours ont été franchies aisément, mais la vitesse laissait à désirer : elle était en moyenne de 8 kilomètres à l'heure. Avec 80 accumulateurs, on a obtenu, le 24 juin, une vitesse moyenne de 12 kilomètres à l'heure, sur le parcours très-accidenté de la rue de Montreuil à La Muette (et retour), par les boulevards extérieurs et la place de l'Étoile. Cette route comporte de fortes rampes, notamment celle de l'avenue de Wagram $\frac{34}{1000}$ et celle du boulevard Rochechouart $\frac{38}{1000}$. Dans cette expérience, le tram-car, portant 31 personnes, pesait au total 8600 kilogrammes. M. Raffart pense qu'après ce trajet de 31 kilomètres, les accumulateurs auraient pu fournir encore une course de 10 à 15 kilomètres.

Digitized by Google

remplacée par un lien plus sûr). On estime que cette double transmission de mouvement peut faire perdre environ 10 pour 100 de force ; les roues motrices utilisent donc seulement 90 pour 100 du travail de la dynamo. Ce coefficient est à retenir pour l'évaluation du travail dépensé.

Les roues motrices ont 1 mètre de diamètre ; le rapport des vitesses de la dynamo aux roues motrices est de 25 à 1.

La dynamo Siemens D2 pèse 240 kilogrammes ; les transmissions et accessoires pèsent 350 kilogrammes. L'avant-train articulé de la voiture a été conservé ; on l'a pourvu d'un secteur denté, engrené sur un pignon vertical que le mécanicien manœuvre dans un sens ou dans l'autre pour faire tourner l'avant-train et *diriger* le véhicule. Les roues motrices sont montées sur un *train différentiel* fort bien étudié, qui permet de suivre sans patinage des courbes de court rayon. Aussi la lourde voiture se dirige-t-elle aisément pour prendre ses aiguillages ; elle peut sortir des rails et y rentrer sans difficulté. En un mot elle manœuvre comme une véritable voiture *routière*.

Sans nous arrêter davantage à la partie mécanique si habilement combinée par M. Raffart, constatons que la mobilité relative des deux trains et l'indépendance des deux roues motrices contribuent à la douceur de la marche et à la sûreté des manœuvres, ainsi qu'à l'économie de la traction et à la conservation de la voie.

La partie physique de l'appareil est moins bien agencée, ou plutôt elle n'est pas agencée du tout. Les accumulateurs sont montés en tension et en série unique ; l'un des pôles de la batterie va directement à l'une des bornes du moteur électrique, l'autre borne reçoit la communication par l'intermédiaire d'un commutateur qui permet de rompre le circuit ou de mettre en prise un nombre d'accumulateurs variable par additions de 5 couples, depuis 30, 35, 40, etc., jusqu'à 80, pour faire varier la vitesse du véhicule. Ce procédé, évidemment défectueux, est celui qui fut proposé par M. Camille Faure, dans son premier brevet *accumulateurs*. Deux années d'expériences fort coûteuses, et des conseils autorisés n'ont rien appris de plus aux ingénieurs-électriciens que M. Philippart investit de sa confiance.

Le pilote, placé sur la plate-forme d'avant, a sous la main

Digitized by Google

le commutateur, la manette commandant l'avant-train directeur, et le levier des freins.

II

Nous allons partir. La route que nous devons parcourir offre d'abord un trajet en palier, puis une rampe de $\frac{10}{1000}$, et une rampe de $\frac{20}{1000}$. Sur nos rails à ornière, médiocrement entretenus, le coefficient de traction est environ $\frac{1}{100}$.

Le *démarrage* exige une dépense de force considérable. Pour atteindre en dix secondes la vitesse normale de 3 mètres, il faut, pendant ces dix secondes, produire un nombre de kilogrammètres correspondant : 1° au *roulement* proprement dit ; 2° à la quantité de *puissance vive* emmagasinée dans la masse du véhicule à la vitesse de 3 mètres. A l'aide du commutateur, nous fermons le circuit d'abord sur 40 accumulateurs, puis sur 45, 50, 55, 60..., jusqu'à ce que le démarrage s'effectue.

Au bout de dix secondes environ, nous sommes à la vitesse normale ; notre provision de force vive étant faite, nous n'avons plus à fournir que le travail correspondant au roulement. Le régime précédent ne peut plus convenir ; nous réduisons le nombre des accumulateurs à 55, 50, 45..., de manière à conserver la vitesse de 3 mètres.

Pendant que nous marchons à cette allure, un voyageur fait arrêter la voiture. Nous ouvrons le circuit. Mais cette manœuvre ne suffit pas pour nous arrêter court : notre force vive nous conduirait, avec une vitesse décroissante, à une distance de quelque 60 mètres. Pour épargner à notre voyageur ce trajet, et à tout le monde une perte de temps, *on serre les freins*. Nous transformons ainsi en efforts destructeurs, en chaleur perdue, la plus grande partie de notre force vive. Pour démarrer à nouveau, nous devrons la restituer à notre véhicule. Et ainsi à chaque arrêt réglementaire ou accidentel.

Nous atteignons notre première rampe. Le *travail d'élévation* s'ajoute à celui du roulement ; sur la rampe de 10 millimètres, le premier travail est égal au second ; sur la rampe de 20 milli-

Digitized by Google

mètres, le travail élévateur sera double. Ainsi la dépense de force, à vitesse normale, est doublée sur la première rampe et triplée sur la seconde. C'est toujours par la manœuvre du commutateur que nous cherchons à nous maintenir à bonne vitesse.

Dans les *démarrages en rampe*, le travail élévateur s'ajoute aux deux autres (on a constaté que le tram-car électrique démarre aisément sur la rampe du boulevard Rochechouart qui est de 58 millimètres par mètre). La batterie fournit alors, quand la rampe est forte, une quantité de travail considérable dont on ne se fait généralement pas idée. Nous la calculerons plus loin. Remarquons en passant que le moteur électrique possède une élasticité de puissance aussi grande et même plus grande que celle des meilleurs chevaux.

Arrivés à l'extrémité de notre ligne, nous voulons revenir au point de départ. La voiture n'étant pas réversible, il faut reprendre la voie de retour, en passant par une *raquette ;* la mécanique est bien construite, la manœuvre s'exécute avec facilité, voire avec grâce.

Nous voici sur une pente de $\frac{20}{1000}$. Le tram-car, livré à lui-même, prendrait une vitesse indéfiniment accélérée, qu'il faut modérer en manœuvrant adroitement les freins. Il est impossible de leur faire absorber exactement l'excès de travail propulseur ; le pilote agit par serrages et desserrages consécutifs. Sur la descente de $\frac{10}{1000}$, le travail à dépenser est à peu près nul ; le véhicule est presque livré à lui-même, le commutateur et le frein ne servent que pour les démarrages, les arrêts, ou les accidents de route.

Nous regagnons la partie *palier* de notre trajet, sur laquelle nous manœuvrons comme à l'aller.

Nous voici revenus à la station de départ. Nos accumulateurs ont dépensé un grosse somme d'énergie dont une grande partie a été absorbée par les freins ; et cette dépense n'est pas répartie également entre tous les accumulateurs. Les premiers, qui ont été plus souvent en circuit, ont dépensé beaucoup, les autres moins. Dans ces conditions, la batterie deviendrait inerte avant d'être épuisée ; d'où une perte à la *décharge*, laquelle perte se

Digitized by Google

reproduira à la *charge*. Pour fournir assez de coulombs aux accumulateurs les plus épuisés, il faudra en donner trop à ceux qui le sont moins. Et cette *surcharge* onéreuse abrégera leur durée.

Cherchons maintenant à traduire ces faits d'expériences en formules simples.

III

Pour remorquer un véhicule, aller et retour, sur une voie de chemin de fer ou de tramway accidentée, la somme d'énergie à dépenser comprend :

1° Le *travail de traction* proprement dit, W, proportionnel au poids P du véhicule, à la longueur L de la ligne, et au coefficient de traction K :

$$W \text{ (en kilogrammètres)} = P \text{ (en kilogrammes)} \times L \text{ (en mètres)} \times K ;$$

2° La somme W′ des *travaux élévateurs*, POSITIFS OU NÉGATIFS, w'_1, w'_2, w'_3..., résultant des changements d'altitude h_1, h_2... du train, dans les trajets hors palier. Le travail élévateur est proportionnel au poids P du véhicule, et au changement de niveau h :

$$w'_1 \text{ (en kilogrammètres)} = P \times h_1 ;$$

3° La somme W″ des dépenses de *puissance vive*, POSITIVES OU NÉGATIVES, w''_1, w''_2, w''_3..., nécessitées par les départs et les arrêts. La quantité de force vive mise en jeu chaque fois est égale à :

$$w''_1 \text{ (en kilogrammètres)} = \frac{P \text{ (en kilogrammes)}}{g} \times V^2 \text{ (en mètres)}.$$

Un train qui, parti d'une station, y revient après un parcours plus ou moins accidenté, coupé par des arrêts, n'a point accru ni diminué son *énergie de position ;* il n'a pas gagné ni perdu de force vive. On peut écrire :

$$W' = w'_1 + w'_2 + \ldots = 0 ;$$
$$W'' = w''_1 + w''_2 + \ldots = 0.$$

Théoriquement, le travail de traction se réduirait donc au roulement proprement dit.

Digitized by Google

Nous avons vu que, dans la pratique actuelle, les travaux d'élévation et de démarrage sont, au contraire, très considérables, car les accumulateurs pourvoient à tous les travaux élévateurs *positifs*, à tous les démarrages; et tous les travaux *négatifs* de descente et d'arrêt sont presque entièrement absorbés par les freins. En d'autres termes, on n'obtient une récupération effective que dans les descentes de $\frac{10}{1000}$ ou moins. Il y a alors une diminution du travail propulseur qui équivaut à une récupération partielle. Au delà de $\frac{10}{1000}$, le travail négatif est absorbé par les freins; il est perdu. Perdue aussi la force vive emmagasinée, quand on cale brusquement le train.

Il est évident qu'on ne peut pas récupérer totalement les travaux négatifs; mais il est possible d'en récupérer une partie. Il faudrait au moins le tenter.

Je vais démontrer qu'on peut y réussir, sans toucher à la partie mécanique du tram-car, au moyen d'un artifice physique assez simple, dont l'efficacité sera aisément comprise, si l'on veut me prêter quelque attention.

IV

La batterie d'accumulateurs et le moteur électrique constituent un circuit dans lequel circule un courant électrique, sous l'action de la résultante de deux forces électromotrices opposées :

E_0, f. e. m. de la batterie d'accumulateurs;
E, f. e. m. inverse du moteur électrique.

En appelant R la résistance totale du circuit, le travail moteur théorique, en kilogrammètres par seconde est :

$$W_0 = \frac{E\,(E_0 - E)}{gR}.$$ [1]

[1] Mascart, Des machines magnéto-électriques et électro-dynamiques, *Journal de physique*, juillet 1877. Il est bon de rappeler la date de ce travail, parce que l'origine des propositions qu'il contient est souvent rapportée, à tort, à des travaux plus récents.

Digitized by Google

Cette formule montre deux manières de faire varier le travail moteur, et par conséquent la vitesse du véhicule :

1° L'augmentation ou la diminution de E_0 (projet Faure, tram-car Philippart) ;

2° La diminution ou l'augmentation de R (tram-car Siemens, locomotive Dupuy)[1].

Quand on fait varier E_0 en ajoutant ou retirant des accumulateurs, la dépense est inégale dans les couples ; c'est, comme on l'a vu, une perte fort grande à la charge et à la décharge. Si l'on introduit des résistances supplémentaires, elles sont le siège d'une émission de chaleur qui, dans certains cas, est une fraction considérable du travail total. Enfin, ni l'un ni l'autre procédé ne permettent de récupérer (c'est-à-dire de recharger les accumulateurs aux descentes rapides et aux arrêts brusques), puisque avec des machines excitées en circuit, E est toujours plus petit que E_0.

V

Je vais indiquer une méthode par laquelle on obtiendrait : 1° Une réduction dans la dépense d'électricité ; 2° une égale répartition de la dépense entre tous les accumulateurs ; 3° une récupération partielle des énergies perdues.

Le moyen consisterait à utiliser concurremment les variations de E_0 et celles de R ; mais les variations de E_0 seraient obtenues par *des couplages* donnant trois régimes distincts, et celles de R s'effectueraient dans des limites restreintes, pour fournir les régimes intermédiaires entre les trois régimes tranchés fournis par la commutation.

Le moteur électrique serait à *excitation séparée*. Si j'ai, par exemple, 80 accumulateurs, j'en prendrai 8 pour exciter les électros du moteur électrique.

Les 72 accumulateurs restants seront divisés en quatre séries de 18 accumulateurs chacun ; et je combinerai un jeu de commutateurs permettant de grouper entre elles ces quatre batteries de manière à obtenir :

1° 72 en tension : $E_0 = 144$ volts ;

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er juin 1882, page 157.

Digitized by Google

2° 36 en tension, 2 en quantité : $E_0 = 72$ volts;

3° 18 en tension, 4 en quantité : $E_0 = 36$ volts [1].

La petite batterie d'*excitation* aura deux couplages : l'un tout en tension, correspondant au premier couplage de la grande batterie ; l'autre en demi-tension, correspondant aux deux autres.

La transmission entre la dynamo et les roues motrices aura deux rapports de vitesse. Le plus grand rapport sera employé pour les démarrages, et pour l'ascension de fortes rampes : on pourra ainsi partir avec moins de fatigue, et maintenir la dynamo à bonne vitesse, malgré le ralentissement d'allure du véhicule [2].

Le moteur électrique est à *renversement de courant par déplacement des balais et à changement de marche par commutateur inverseur.*

Toutes choses sont combinées de manière qu'on ait généralement $E < E_0$, et $> \frac{E_0}{2}$, excepté dans les périodes de *récupération*, où l'on doit nécessairement avoir $E > E_0$.

Enfin trois séries de résistances seront disposées comme on le dira plus loin.

Voici quel sera l'usage des divers groupements dont nous disposons :

Le premier couplage (tout en tension) fournit le plus grand débit d'énergie ; il travaille avec un mauvais rendement et fatigue les accumulateurs. On l'emploiera le moins possible, dans les fortes rampes seulement. On passera de ce premier couplage au deuxième (demi-tension) en passant par une première série de résistances croissantes.

Le deuxième couplage sera le plus usité.

Il fonctionnera en palier, dans les rampes faibles et les pentes

[1] Il est aisé d'obtenir successivement ces trois groupements, par une manœuvre simple. Entre autres dispositifs, je citerai celui qui consisterait à relier les quatre séries d'accumulateurs deux par deux au moyen de deux commutateurs Planté solidaires à deux directions, les deux bornes de tête de chacun de ces deux commutateurs étant reliées aux bornes d'un troisième commutateur semblable, dont les bornes de tête sont reliées au moteur électrique. Quand les trois commutateurs sont en tension, on a le couplage n° 1 ; le n° 2 s'obtient en mettant les deux premiers en tension et le second en quantité, ou inversement; en les mettant tous les trois en quantité, on fait le 3e couplage.

[2] L'emploi d'une transmission à deux vitesses a été conçu par M. Raffard, et sera appliqué sur la nouvelle *locomotive* qu'il combine actuellement.

Digitized by Google

insensibles ; on passera de ce deuxième couplage à l'ouverture du circuit par une deuxième série de résistances croissantes, provenant des graduations de vitesse.

La marche à circuit ouvert servira dans les pentes voisines de $\frac{10}{1000}$. On sait que sur de pareilles déclivités, le travail à fournir est à peu près nul.

Dans les pentes supérieures à $\frac{10}{1000}$, on fera *renversement de courant* sur le troisième couplage (en quantité). Il y aura alors *récupération d'électricité dans les accumulateurs*. Une troisième série de résistances sera adjointe à ce troisième couplage. On passera du circuit ouvert à la fermeture sur quantité en passant par des résistances successives décroissantes jusqu'à 0, pour accroître graduellement l'intensité du *courant de charge*, et l'action de *frein électrique* ainsi obtenue. Le maximum d'action de ce frein électrique récupérateur sera obtenu avec la résistance additionnelle nulle. C'est seulement quand ce maximum sera insuffisant, qu'on aura recours aux freins mécaniques.

En résumé, les divers régimes mis à la disposition du pilote pendant la marche sont, par ordre d'énergie décroissante :

TRAVAUX POSITIFS.

N° 1. — Couplage en tension, sans résistance additionnelle;
N° 2. — Couplage en tension, avec résistances additionnelles;
N° 3. — Couplage à demi-tension, sans résistance additionnelle;
N° 4. — Couplage à demi-tension, avec résistances additionnelles.

TRAVAIL NUL.

N° 5. — Circuit ouvert;

TRAVAUX NÉGATIFS.

N° 6. — Renversement de courant, fermeture sur couplage en quantité, avec résistances additionnelles;
N° 7. — Renversement de courant, fermeture sur couplage en quantité, sans résistances additionnelles;
N° 8. — Idem, et serrage des freins.

Les régimes n^{os} 5, 6, 7 et 8 sont des moyens d'arrêt d'une puissance croissante. Le changement de marche doit être réservé pour les cas graves; il donne normalement la marche en arrière à petite vitesse. Dans les démarrages, l'ordre de puissance des premiers régimes peut se trouver interverti. En effet, la vitesse

Digitized by Google

étant d'abord nulle, E commence par être égal à 0, et croît d'abord très lentement, de sorte que pendant le coup de collier, l'effort moteur est sensiblement proportionnel à :

$$\frac{E_0^2}{R}.$$

Alors, les valeurs des résistances de la bobine et de la batterie d'accumulation diversement couplée, entrent en ligne de compte. Ainsi avec la bobine de notre D2, de résistance = 0,27 ohm, et des accumulateurs, dont la résistance individuelle serait 0,01 ohm, le plus grand effort au démarrage serait fourni par le régime n° 3.

VI

Il n'est pas besoin, je pense, d'insister pour démontrer que la variété des couplages, avec inversion de courant, emploi discret des résistances et usage minimum des freins, est préférable au procédé trop primitif employé par la F. E. P. S. C°. La *dépense* totale est *diminuée*, elle est *également répartie* entre tous les accumulateurs, qui sont ainsi déchargés avec plus de profit et rechargés avec moins de perte ; la *récupération* d'une partie des *puissances vives* et des *énergies de position* n'est pas à dédaigner. Enfin les couplages en quantité, outre qu'ils donnent, pour des valeurs égales de E_0, une diminution de la résistance totale du circuit, procurent aux accumulateurs un repos relatif qui diminue leur résistance individuelle. Une réduction du poids d'accumulateurs employés, de leur prix d'achat et d'entretien, est la conséquence de tout cela.

Et puisque, d'une manière générale, les machines qui utilisent le mieux sont celles qui s'usent le moins, une machine où les forces perdues sont réduites au minimum doit durer plus longtemps qu'une autre et s'amortir à un taux moins élevé.

La complication du procédé n'est qu'apparente. C'est une question de *commutateur*. Il est possible, sinon très aisé, de combiner un jeu de commutateurs opérant les groupements nécessaires, dans l'ordre indiqué. Par la manœuvre simple d'un instrument compliqué, le pilote ira du travail positif le plus élevé au

Digitized by Google

travail négatif le plus fort, en passant par tous les régimes intermédiaires, sans qu'il lui soit nécessaire de raisonner les diverses combinaisons effectuées successivement.

Le moteur électrique est bon; les accumulateurs sont passables; l'agencement mécanique, déjà satisfaisant, sera meilleur encore, quand M. Raffard l'aura monté sur un truck spécial, où l'on ne sera plus gêné par des exigences de toutes sortes. Les artifices purement physiques proposés ici ne tendent point à modifier ce qui est *acquis* déjà.

Il m'a paru indispensable d'émettre un projet d'utilisation logique des piles secondaires avant de calculer le prix des services qu'elles peuvent rendre.

Possédant maintenant les données théoriques de la question, on peut calculer sur des bases solides *le prix de revient* pratique de la traction par accumulation.

Je le ferai dans un prochain article. EMILE REYNIER.

SUR UN POINT FONDAMENTAL DE THÉORIE

—

SECONDE ET DERNIÈRE RÉPONSE A M. CABANELLAS

—

M. Cabanellas (n° du 15 juin 1883, p. 540) nie l'existence et la validité de la définition de la force électromotrice d'une machine dynamo-électrique adoptée dans le rapport académique et croit démontrer que « ... si elle existait quelque part, il faudrait la réformer sans plus tarder ».

La démonstration qu'il oppose est, à la faveur d'une confusion de symboles[1], une pure pétition de principes.

Lorsqu'on rétablit le calcul correct, (*voy. la note ci-dessous*),

[1] La lettre *e*, quand elle figure dans les équations du rapport, représente la somme algébrique $e + e'$ des deux genres de forces électromotrices développées dans le circuit de la machine : elle représente au contraire la force électromotrice du courant principal, supposée débarrassée des actions secondaires, quand elle figure dans l'équation de M. Cabanellas.

Si l'on adopte des symboles différents *e*, e, pour désigner ces choses différentes,

Digitized by Google

on retrouve avec la même netteté que dans ma première réponse la cause de la divergence de nos deux opinions.

Je terminerai en constatant qu'après avoir reproché au rapport de ne point expliquer le *déficit* des machines, M. Cabanellas se borne à appeler *d* ce déficit et à l'éliminer par une définition appropriée de la force électromotrice.

D'une manière analogue il pourrait éliminer le déficit des machines de toute nature et se donner la satisfaction de proclamer que le principe de la conservation de l'Energie est en apparence, comme en réalité, rigoureusement satisfait.

A. Cornu.

LES GALVANOMÈTRES ÉTALONNÉS

(SUITE ET FIN)[1]

Nous allons examiner aujourd'hui les galvanomètres dans lesquels on fait varier l'échelle des indications à l'aide d'un cadre mobile ou cercle inclinant pour affaiblir l'action du courant. L'emploi d'une bobine mobile a été proposé pour la pre-

on écrira alors correctement les deux équations (β) et (∂) de la page 540 de la manière suivante :

$$uI = rI^2 + (\varepsilon + \varepsilon')\,I \qquad (\beta)$$
$$uI = eI + rI^2 + gd. \qquad (\gamma)$$

En les retranchant membre à membre, on trouve :

$$0 = (\varepsilon + \varepsilon' - e)\,I + gd.$$

Or « ici la force électromotrice de la machine ce n'est pas $e + \varepsilon'$, car c'est ε' tout seul, et l'on a (13e ligne p. 540) :

$$e\ [\textit{et non pas } e, \textit{ qui par hypothèse représente } \varepsilon + \varepsilon'] = \varepsilon'. \text{ »}$$

Donc, il reste :

$$0 = \varepsilon I + gd \quad \textit{et non pas} \quad \text{« } 0 = gd \text{ ».}$$

La définition adoptée par le rapport ne conduit donc à aucune conséquence « absurde » : seulement elle renferme un terme « que M. Cabanellas tient à éliminer; on a en effet :

$$e = e + \varepsilon.$$

Ce terme « représente ici $-\frac{gd}{I}$, tandis qu'il représentait ρI lorsque M. Cabanellas faisait de la résistance *dynamique* ρ sa grande arme d'attaque.

[1] Voy. le n° 57 du 15 août 1883, page 145.

Digitized by Google

mière fois par le professeur Trowbridge du Harvard College, Massachusetts, et décrit dans l'*American Journal of Arts and Science*, en août 1871. L'idée a été reprise à peu près vers la même époque, en 1878, par M. Ducretet, à Paris, et par le docteur Obach, à Londres.

Avant de décrire les différentes formes sous lesquelles le galvanomètre à cercle inclinant est construit, disons quelques mots du principe sur lequel il est fondé :

PRINCIPE DU GALVANOMÈTRE A CADRE MOBILE

Si la bobine d'un galvanomètre ordinaire des tangentes peut tourner autour d'un axe horizontal, un courant d'une intensité donnée produit différentes déviations qui dépendent de l'inclinaison donnée au cadre. En appelant α l'angle de déviation de l'aiguille et β l'angle d'inclinaison du cadre avec le plan vertical, on a :

$$I = k \operatorname{tang} \alpha \operatorname{séc} \beta. \qquad (1)$$

k est la *constante* de l'instrument, c'est-à-dire la valeur en ampères du courant qui produit une déviation de 45 degrés lorsque le cadre est vertical, pour la mesure des intensités, ou la différence de potentiel en volts aux bornes, qui produit la même déviation lorsque le cadre est formé de fil fin et qu'il doit servir à la mesure des forces électromotrices.

Il ne faut cependant pas perdre de vue qu'on fait ainsi entrer dans la constante la composante horizontale du magnétisme terrestre H, dont les variations sont, comme on le sait, considérables.

Lorsque, par une expérience préalable, on a déterminé exactement la valeur de H au point où le galvanomètre se trouve placé, on peut alors faire usage de la formule complète :

$$I = \frac{r}{2\pi n} H \operatorname{tang} \alpha \operatorname{séc} \beta \quad \text{unités C. G. S.}$$

ou :

$$I = \frac{5\,r}{\pi n} H \operatorname{tang} \alpha \operatorname{séc} \beta \quad \text{ampères,}$$

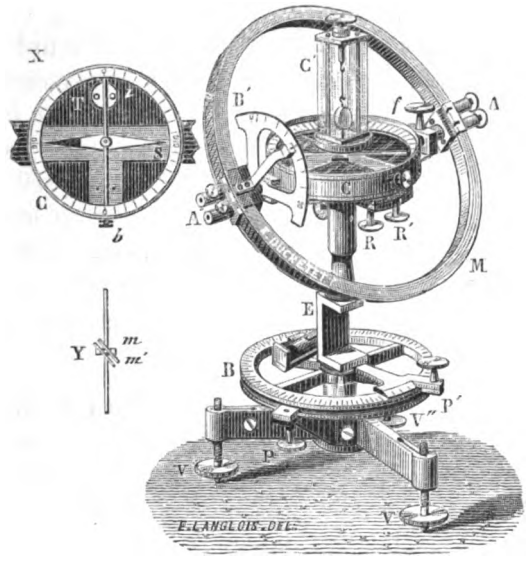
dans laquelle α, β et H ont la même signification que ci-dessus;

Digitized by Google

r est le rayon moyen du cadre en centimètres, n le nombre de tours du fil.

FORMES PRATIQUES DU GALVANOMÈTRE A CADRE MOBILE

Galvanomètre de M. Ducretet. — La figure 1 représente cet appareil qui figura à l'Exposition universelle de 1878, et fut pré



ig. 1. — Galvanomètre à cadre inclinant de M. Ducretet.

senté au Congrès tenu en 1879 à Montpellier par l'Association française pour l'avancement des sciences. Il suffit de jeter un coup d'œil sur la figure pour en comprendre les dispositions pratiques : il constitue en réalité une sorte de galvanomètre universel, car il permet les combinaisons suivantes :

1° Cadre vertical fixe dans le méridien magnétique. Le galvanomètre est un galvanomètre des tangentes de Pouillet ;

2° Cadre vertical mobile autour de l'axe vertical. Il fonctionne comme un galvanomètre des sinus, et l'on peut substituer à l'aiguille courte une aiguille plus longue représentée en X, sur la gauche de la figure 1.

3° Cadre vertical fixe dans le méridien magnétique ; l'aiguille

Digitized by Google

peut être amenée en avant du plan du cadre d'une quantité égale au quart de son diamètre.

L'appareil fonctionne comme un galvanomètre des tangentes de Gaugain. L'aiguille est suspendue à un fil de cocon; elle porte un index et un miroir, ce qui permet d'effectuer les lectures soit sur le cadran, soit au miroir lorsqu'on veut une plus grande précision ou une plus grande sensibilité, pour les méthodes de réduction à zéro, par exemple.

Le cadre constitue lui-même un circuit d'un seul tour pour la mesure des courants intenses; sa section transversale présente une gorge dans laquelle s'enroule un fil long et fin pour la mesure des courants faibles ou des différences de potentiel. Le galvanomètre de M. Ducretet est un excellent appareil de démonstration et d'enseignement, puisqu'il réunit tous les principes importants appliqués dans les différents appareils de mesure d'intensités de courant, mais, au point de vue des recherches scientifiques et de l'étalonnage, il n'offre pas les mêmes commodités que celui de M. Obach.

Galvanomètre d'Obach. — L'appareil primitif construit et expérimenté en 1878[1] était analogue à celui que nous venons de décrire, mais ne comportait pas de cercle horizontal permettant de s'en servir comme d'un galvanomètre des sinus, ni de système de déplacement de l'aiguille pour le transformer en un galvanomètre de Gaugain.

L'aiguille reposait simplement sur un pivot : lorsque le cadre était très incliné, elle *levait le nez* sous l'action oblique du courant traversant le cadre, ce qui rendait les lectures incommodes et inexactes. L'amortissement de l'aiguille était très lent et l'étalonnage assez laborieux; il fallait le recommencer chaque fois qu'on pouvait avoir des doutes sur la valeur exacte de la composante horizontale du magnétisme terrestre. La largeur relative de l'aiguille à ses extrémités permettait un déplacement facile des pôles et, enfin, les lectures en degrés sur les cercles divisés conduisaient à des calculs assez longs. Tous ces inconvénients ont aujourd'hui disparu dans le nouveau galvanomètre[2]

[1] Voy. *Nature* de Londres, du 31 octobre 1878, page 707.

[2] D'après une communication faite à la *Physical Society* de Londres, le 9 juin 1883.

Digitized by Google

que nous allons faire connaître avec ses derniers perfectionnements.

L'aiguille *n s* (fig. 2) est fixée sur un petit axe vertical *a b*, très près de sa partie supérieure; la partie inférieure supporte un petit poids en laiton P ; ce petit poids n'augmente pas sensiblement le moment d'inertie du système, mais il assure un mouvement parfaitement horizontal de l'aiguille, quelle que soit l'inclinaison donnée au cadre. L'index en aluminium *p q* se meut

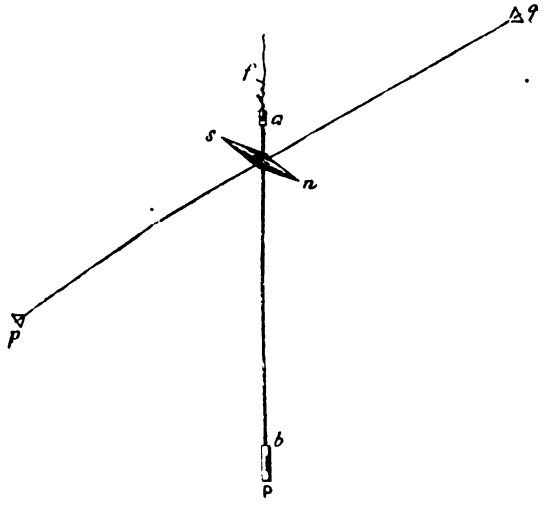


Fig. 2. — Aiguille, index et mode de suspension du galvanomètre d'Obach.

dans le même plan que l'échelle divisée; ses extrémités sont légèrement aplaties et portent un petit trait pour la lecture des déviations; en mettant ainsi l'index dans le plan même de l'échelle, on supprime toute erreur de parallaxe. L'aimant présente une forme biconique qui s'oppose à tout déplacement de l'axe magnétique, déplacement qui se produisait souvent avec des aiguilles larges. Des dispositions spéciales permettent d'élever, d'abaisser et de centrer bien exactement la suspension formée d'un fil de cocon *f*.

Pour rendre l'appareil apériodique, M. Obach emploie un amortisseur à air. Cet amortisseur se compose d'une boîte plate de 8 centimètres de diamètre et de 12 millimètres de hauteur,

Digitized by Google

munie de deux cloisons radiales qui peuvent glisser dans la boîte ou hors de la boîte.

L'axe de l'aiguille passant à travers le centre de cette boîte porte une ailette légère qui s'y ajuste de très près. On fait varier l'apériodicité en enfonçant plus ou moins les cloisons radiales qui s'opposent ainsi plus ou moins aux mouvements de l'air et de l'aiguille : lorsque ces cloisons sont entièrement enfoncées, le système est pratiquement apériodique.

L'aiguille se meut devant un cercle dont un des côtés est divisé en degrés, et l'autre en tangentes. Les divisions sont tracées conformément au tableau suivant :

Valeurs des tangentes.	Intervalle des divisions.
0 à 1	0,01
1 à 2	0,02
2 à 3	0,05
3 à 5	0,10

Les changements dans les divisions ne se faisant qu'aux points où les valeurs des tangentes sont des nombres entiers, les erreurs de lecture sont ainsi rendues plus difficiles et les divisions bien également réparties sur le cercle divisé.

Le cercle d'inclinaison est divisé en degrés ; un vernier permet d'apprécier le dixième de degré. Dans le dernier modèle, le zéro correspond à la position verticale de l'anneau ; on marque sur le cercle les sécantes qui sont des nombres entiers. Comme les angles de déviation doivent être multipliés par les sécantes des angles d'inclinaison du cadre, on donne à ces dernières le nom de *pouvoirs multiplicateurs*, par analogie avec le pouvoir multiplicateur des shunts.

Dans la disposition nouvelle que nous décrivons, l'auteur a très habilement vaincu la difficulté que présente la détermination de H lorsqu'on ne dispose pas d'instruments spéciaux. Le cadre est roulé de deux fils, l'un court et gros, l'autre très long et très fin ; les résistances et les nombres de tours de ces circuits sont combinés de telle façon qu'une différence de potentiel de *un volt* aux bornes du fil fin produise la même déviation qu'un courant de *un ampère* traversant le gros fil. Il en résulte qu'il suffira, pour étalonner rapidement le galvanomètre en un lieu quelconque, d'établir sur le fil fin quelques éléments de f. e. m.

Digitized by Google

connue; la déviation produite fera connaître la constante *k* pour les volts, constante qui, par suite des conditions de construction, sera la même que celle des ampères.

Pour des mesures ordinaires, il suffit de faire usage d'éléments Daniell ordinaires ou d'éléments Callaud. Lorsqu'on veut une plus grande exactitude, on peut employer l'élément Daniell étalon de sir William Thomson, dont nous avons précédemment donné la description.

Pour réaliser pratiquement la concordance entre les volts et les ampères dont nous venons de parler, l'anneau en bronze présente, en coupe transversale, la forme d'un V dont le fond forme une gorge dans laquelle s'enroule le fil fin. L'anneau solide et le fil fin sont disposés de façon à avoir en coupe transversale le même centre de gravité, pour que l'action du tour moyen soit la même sur l'aiguille. Connaissant le nombre de tours et la résistance du fil fin, il est facile de régler la coïncidence entre les volts et les ampères, soit en mettant quelques tours de fil de plus sur la bobine à fil fin, soit en intercalant dans son circuit une résistance d'équilibre.

Ainsi, par exemple, on obtiendra une concordance exacte entre les volts et les ampères, si le cadre à gros fil ne fait qu'un seul tour, en faisant faire 1000 tours au fil fin, et en lui donnant une résistance totale de 1000 ohms.

L'anneau mobile ne faisant qu'un seul tour, il est très important d'empêcher les conducteurs qui amènent le courant au galvanomètre d'exercer leur influence en employant des *conducteurs adynamiques*. Ces conducteurs se composent d'un certain nombre de fils de cuivre parfaitement isolés et tressés ensemble de façon à supprimer toute action extérieure sur l'aiguille, puisque la moitié des conducteurs est traversée par le courant dans un certain sens et l'autre moitié en sens inverse. L'expérience faite sur une aiguille très sensible montre que ces conducteurs sont très efficaces; on les fait aussi longs et aussi peu résistants qu'il est nécessaire, ce qui permet d'amener le courant aux appareils de mesure placés en un point où ils ne subissent pas l'influence des machines et des circuits voisins.

Lorsque le galvanomètre n'est pas déplacé, la *constante* varie peu et il suffit de la déterminer une fois pour toutes et de la

Digitized by Google

vérifier de temps en temps, ce qui est toujours facile, comme nous l'avons vu, avec quelques éléments de f. e. m. connue et l'appareil à deux circuits. Lorsqu'on déplace le galvanomètre, la constante varie beaucoup d'un point à un autre. Dans le but de compenser ces variations, et de maintenir la constance de la constante et une sensibilité toujours la même en tout lieu, M. Obach emploie un aimant directeur disposé d'une manière toute spéciale. Cet aimant auxiliaire, placé à l'est ou à l'ouest de l'aiguille, dans un plan parallèle au méridien magnétique, peut tourner sur un axe horizontal passant par son point neutre et le centre de l'aiguille, et perpendiculaire au diamètre qui sert d'axe au cadre inclinant. L'aimant ainsi disposé n'altère pas la position du zéro et, lorsqu'il est parfaitement vertical, il n'altère pas non plus la constante de l'appareil qui ne dépend que de la composante horizontale du magnétisme terrestre, plus ou moins modifiée par les corps environnants. Mais si l'on incline l'aimant directeur, la force directrice agissant sur l'aiguille augmente ou diminue, suivant le sens dans lequel on incline l'aimant et l'angle de l'inclinaison. On peut donc ainsi ramener très facilement la constante à la même valeur en ajustant l'aimant. On peut, par exemple, faire que, lorsque le cercle est vertical, la déviation de 45 degrés soit donnée par un nombre entier de volts ou d'ampères, 1, 5 ou 10, suivant la nature des courants à mesurer. Dans ces conditions, les lectures sur le cercle gradué font connaître directement les volts et les ampères. Les variations de puissance de l'aimant compensateur n'ont ici aucune influence, puisqu'on ajuste sa position pour chaque série d'expériences.

MÉTHODES DE MESURE

Nous avons ici deux éléments variables distincts : l'inclinaison du cadre et la déviation de l'aiguille. Suivant qu'on fait varier simultanément les deux éléments, qu'on n'en fait varier qu'un seul, ou qu'on s'impose, dans chaque mesure, l'égalité entre les deux, on est amené à effectuer les mesures par l'une des quatre méthodes suivantes :

1. *Méthode générale.* — On incline la bobine jusqu'à ce que la

Digitized by Google

déviation α soit d'environ 45 degrés, on lit l'inclinaison β, et la valeur du courant est donnée par la formule :

$$I = k \text{ tang } \alpha \text{ séc } \beta.$$

2. *Méthode d'égalité.* — On fait tourner la bobine jusqu'à ce que l'inclinaison soit égale à la déviation; on a alors :

$$I = k \text{ tang } \alpha \text{ séc } \alpha.$$

L'équilibre est un peu plus long à obtenir, mais l'opération se trouve simplifiée parce qu'on peut calculer à l'avance les produits : tang. α séc. α, et en dresser une table. Il suffit, pour cela, de connaître les sinus, en vertu de la relation :

$$\text{tang } \alpha \text{ séc } \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos^2 \alpha}.$$

Le tableau ci-dessous, établi de dix en dix degrés, montre que le produit tang. α séc. α varie, comme tang. α, de zéro à l'infini, mais augmente plus rapidement.

ANGLES.	TANGENTE.	SÉCANTE.	TANGENTE × SÉCANTE.
0°	0,000	1,000	0,0000
10	0,176	1,015	0,1786
20	0,364	1,064	0,3875
30	0,577	1,155	0,6664
40	0,839	1,305	1,095
50	1,192	1,556	1,853
60	1,732	2.000	3,464
70	2,747	2,924	8,032
80	5,671	5,759	32,660
90	∞	∞	∞

3. *Méthode de la déviation constante.* — On incline la bobine jusqu'à ce que l'aiguille dévie d'un certain angle, par exemple 26° 30′, 45 degrés, 63° 30′, angles pour lesquels les valeurs respectives des tangentes sont 0,5, 1 et 2.

Ce nombre entre alors dans la constante k et la formule devient :

$$I = k \text{ séc } \beta.$$

Dans cette méthode, l'aiguille dévie toujours du même angle, ce qui, dans certains cas, est un avantage.

Digitized by Google

4. *Méthode de l'inclinaison constante.* — On donne au cadre une inclinaison constante, la valeur de la sécante correspondante entre alors dans la constante k, et la formule se réduit à :

$$I = k \operatorname{tang} \alpha.$$

Les qualités les plus précieuses de ces galvanomètres sont d'être indépendants de la constance d'aimants permanents, constance sur laquelle on ne peut compter, et de supprimer l'emploi d'un shunt variable qui amène souvent de grosses erreurs. L'étalonnage du circuit à gros fil se fait à l'aide d'un voltamètre à sulfate de cuivre, en se rappelant qu'un ampère-heure (3600 coulombs) dépose 1,164 gramme de cuivre ou 3,96 grammes d'argent. L'étalonnage des volts a été fait avec un certain nombre d'éléments Daniell préalablement comparés à l'étalon de Raoult dont la f. e. m. est de 1,115 volt, d'après les expériences du docteur Alder Wright.

De nombreuses expériences faites par le docteur Obach avec ces galvanomètres, en faisant varier les différents éléments, ont montré une parfaite concordance entre les résultats : eu égard aux procédés si faciles d'étalonnage et de vérification dont on dispose, il sera bon d'en faire usage dans les recherches scientifiques et industrielles, c'est-à-dire chaque fois qu'on voudra avoir autre chose qu'une valeur approchée des courants à mesurer.

Signalons pour terminer, puisque nous nous occupons de la mesure des courants en unités C. G. S. ou en ampères, une méthode très simple et très élégante indiquée par M. G. Lippmann dans un numéro récent de la *Lumière électrique*, applicable surtout lorsqu'on connaît la valeur de la composante horizontale du magnétisme terrestre du lieu.

On fait passer le courant à mesurer à travers un long fil de cuivre rectiligne tendu verticalement. On dispose une petite aiguille de boussole à une distance du fil vertical égale à a centimètres ; l'axe du fil et le centre de l'aiguille sont dans le même méridien magnétique. Sous l'influence du courant d'intensité I, l'aiguille dévie de l'angle α. Si a n'a qu'une longueur de quelques centimètres et que le fil vertical ait plus d'un mètre de longueur au-dessus et au-dessous du plan horizontal qui contient l'aiguille

Digitized by Google

aimantée, on peut considérer le fil vertical comme infiniment long. Dans ce cas on a[1]

$$I = \frac{1}{2} a H \operatorname{tang} \alpha \qquad \text{unités C. G. S.}$$

H, composante horizontale du magnétisme terrestre en unités C. G. S.

Si l'on choisit a de façon à avoir :

$$\frac{1}{2} a H = 1 ; \qquad \text{d'où } a = \frac{2}{H} ;$$

la formule se simplifie et devient .

$$I = \operatorname{tang} \alpha \qquad \text{unités C. G. S.}$$

ou :

$$I = 10 \operatorname{tang} \alpha \qquad \text{ampères.}$$

La mesure se réduit ici à la lecture d'un angle et à la mesure d'une distance, et l'appareil à une simple boussole géodésique.

E. Hospitalier.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

L'éclairage électrique des quais de la Tamise. — L'éclairage électrique du *Thames enbankment* vient d'être provisoirement interrompu pour le remplacement du moteur qui, installé en décembre 1878, pour une expérience de trois mois, a fonctionné pendant quatre ans et demi.

La lumière électrique au palais de Cristal. — Il y a quelques jours, la réunion générale semestrielle de cet établissement avait lieu. Le président de la réunion, après avoir traité des affaires spéciales et financières concernant la Compagnie, s'est ainsi exprimé, au sujet de l'éclairage du

[1] Voy. pour la démonstration *E. Blavier*. Des grandeurs électriques et de leur mesure en unités absolues, page 291.

Digitized by Google

Palais par l'électricité : « La Compagnie a étudié l'éclairage du Palais « au moyen de l'électricité. Pendant l'exposition des lainages (1880), « elle a dû acheter des moteurs à vapeur, de sorte qu'elle a la force « motrice et presque tous les autres accessoires, à l'exception des « dynamos. La Compagnie espère, par conséquent, très prochaine- « ment effectuer cette amélioration dont les frais, comme ceux de « toutes les autres améliorations qui ont été réalisées depuis quelques « années, seront payés sur les bénéfices. »

Un bateau électrique. — La navigation électrique progresse lentement, comme la plupart des industries à leur origine ; mais il y a tout lieu de croire que la marine saura développer cette nouvelle application de l'électricité comme elle a su employer l'étincelle électrique à l'explosion des mines et des torpilles, et l'arc voltaïque pour les signaux et les projections. La question de navigation électrique présente un grand intérêt au point de vue de l'avenir des bateaux torpilleurs, un bateau électrique ne faisant pas de bruit et étant toujours prêt, lorsque les accumulateurs sont chargés. Le chargement des accumulateurs n'offre aucune difficulté à bord d'un navire de guerre où la force motrice ne fait jamais défaut.

MM. Yarrow et Cie, les constructeurs très connus de bateaux torpilleurs, bateaux qu'ils construisent pour toutes les marines du monde, viennent de produire une chaloupe à vapeur de 12 mètres de long, en tôle d'acier galvanisée, et dont l'hélice est actionnée par deux machines Siemens. Le courant est fourni par des accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar placés, ainsi que les dynamos, sous le plancher, et qui n'occupent par conséquent aucun espace utile. Avec cette disposition, tout le pont est libre, quarante personnes pouvant trouver place à bord, une seule personne à l'arrière suffisant à la manœuvre du gouvernail, le seul organe visible du bateau. Dans les cas ordinaires, la meilleure et principale portion de l'emplacement est prise par le moteur, les chaudières, le combustible et le personnel.

La quantité d'accumulateurs est suffisante pour assurer une marche à grande vitesse pendant six heures, ou à une vitesse plus modérée pendant plus de dix heures.

L'essai de cette chaloupe électrique a eu lieu, tout récemment, entre le Temple (City) et Greenwich, la distance étant parcourue en trois quarts d'heure, c'est-à-dire aussi rapidement qu'avec les bateaux à vapeur relativement puissants, faisant le service de London Bridge à Greenwich.

Tramway électrique a Brighton. — L'essai d'un tramway électrique

Digitized by Google

d'environ 1 kilomètre 1/2 de longueur, et établi sur des traverses ordinaires en bois, vient d'avoir lieu à Brighton. Le *car* ou wagon est construit pour contenir dix personnes, cinq de chaque côté, et la machine dynamo-mobile, commandée par une machine semblable fixe à l'extrémité de la ligne, est cachée dans une caisse située à l'arrière. La voie est de $0^{m},60$ et a été établie, ainsi que le reste de l'installation, par un électricien de la localité. La vitesse obtenue est d'environ 9 kilomètres à l'heure.

Les fils aériens. — La question des fils aériens continue à intéresser le public. Dernièrement, une députation représentant environ quarante paroisses et commissions des travaux métropolitains, et comprenant les *Commissioners of Sewers* de la City de Londres, a eu une entrevue avec sir C. Dilke, le président du *Local Government Board*, au sujet des fils télégraphiques et téléphoniques passant au-dessus des toits des maisons. Sir C. Dilke était accompagné de deux membres du Parlement et de deux des employés supérieurs du service postal. L'orateur de la députation, sir Arthur Hobhouse, expliqua que les paroisses sont les seuls corps organisés représentant les habitants de Londres, et que voyant s'étendre tout autour d'elles la nouvelle pratique de poser des fils au-dessus des rues, pratique à la fois dangereuse et encombrante, elles ont cru de leur devoir d'attirer l'attention du gouvernement sur la question.

On croit d'ordinaire que les paroisses ont qualité pour faire opposition à ces empiètements; cependant, après s'être entourées d'opinions légales, elles ont été informées qu'elles n'avaient aucune autorité dans la matière, le seul moyen en leur pouvoir étant d'obtenir une interdiction par autorité de justice. Les paroisses demandent, en conséquence, que le gouvernement tranche la situation, soit en introduisant un projet de loi investissant une autorité locale influente du droit de contrôle sur l'établissement de ces fils, soit, dans le cas où les autorités posséderaient ce droit de contrôle, de prendre des mesures telles que le Parlement déclare ces pouvoirs appartenir aux autorités locales.

Sir Charles Dilke a répondu que, dans l'opinion du gouvernement, les propriétaires de ces fils n'ont, pas plus que de simples individus, le droit d'obstruer les voies publiques, lors même que cette obstruction serait limitée au temps strictement nécessaire pour effectuer la pose. Il ne peut affirmer que la pose des fils au-dessus des maisons, après autorisation préalable des propriétaires, soit dans tous les cas illégale, mais il reste à savoir si, dans de pareils cas, les fils ainsi suspendus constituent un danger ou un péril pour le public. Ce danger

Digitized by Google

dépend, naturellement, d'une variété de circonstances spéciales à chaque cas particulier.

La question se pose alors en ces termes : étant donnés les dangers que présentent les fils aériens, les autorités locales ont-elles le droit de s'opposer à leur établissement? Il est parfaitement de l'avis de la députation que le contrôle devrait être dévolu aux paroisees, mais le gouvernement pense que les autorités possèdent ce droit, et, jusqu'à ce que le contraire soit prouvé, il ne désire pas soulever le débat en présence de l'énorme opposition à laquelle on a le droit de s'attendre lorsque le projet de loi sera soumis au Parlement.

La députation s'est alors retirée, et le résultat de sa démarche a été soumis aux paroisses.

Beaucoup ont répondu qu'il existait, dans leur district, des kilomètres de fils aériens appartenant à des Compagnies ou à des individus privés ayant cessé de s'en servir; les deux paroisses de Saint-Giles et Westminster ont de nombreuses lignes dans ce cas. La paroisse de Saint-Giles prétend qu'elle croit avoir le droit, en vertu des lois existantes, de trancher la question des fils aériens. Il n'y a cependant, à cet égard, aucune certitude absolue, et la question légale va être soulevée incessamment par une série de procès intentés par la paroisse de Wandsworth.

Télégraphie internationale. — M. Cochery a proposé au ministre des postes anglaises de réduire de 25 à 20 centimes par mot le tarif des télégrammes échangés entre la France et l'Angleterre. Comme cette réduction, si elle était adoptée, affecterait le tarif en usage avec d'autres pays, le *Postmaster General* a décidé de remettre l'examen de la réduction proposée jusqu'à la prochaine conférence télégraphique internationale qui doit avoir lieu à Berlin en 1885.

Télégrammes a six pence (0^{fr},625). — Le coût actuel d'un télégramme de vingt mots et au-dessous, est actuellement en Angleterre, de 1 shilling (1^{fr},25). Dans ce prix sont comprises les adresses gratuites de l'expéditeur et du destinataire. La question d'une réduction de tarif a été agitée depuis longtemps et d'une façon soutenue, et fait l'objet d'interpellations fréquentes au Parlement.

La Chambre des communes, dans sa séance du 29 mars dernier, ayant adopté la résolution de faire réduire à six pence le taux *minimum* des télégrammes, le chancelier de l'Échiquier a, depuis, étudié avec le plus grand soin les voies et moyens de donner satisfaction au vœu de la Chambre.

De nombreuses entrevues ont eu lieu avec le *Postmaster General*,

Digitized by Google.

et la réduction proposée pourrait avoir lieu le 1er octobre 1884, si les fonds nécessaires à l'augmentation du matériel nécessitée par cette réduction étaient votés immédiatement (ils l'ont été depuis en partie). On estime la somme nécessaire à 12 500 000 francs. Trois projets sont en avant :

1. Abolition des adresses gratuites. 1/2 penny pour chaque mot y compris l'adresse, tarif *minimum* 6d. Perte de revenu pour la première année d'adoption : 4 250 000 francs.

2. Adresse du destinataire gratuite ; adresse de l'expéditeur payante. 6 pence pour les cinq premiers mots et 2 pence additionnels pour chaque cinq mots subséquents. Perte de revenu pour la première année : 6 750 000 francs.

3. Tarif identique au projet n° 2, mais avec les deux adresses gratuites. La perte serait plus considérable qu'en 2, et la dépense préliminaire devrait être portée de 12 500 000 francs à 15 625 000 francs.

Il est probable que la troisième combinaison sera rejetée, en raison des charges énormes qu'elle imposerait au public, et que l'on adoptera l'une des combinaisons 1 ou 2. Après discussion préalable, une décision sera prise au cours de la prochaine session.

Navire japonais éclairé a l'électricité. — La canonnière à éperon et double tourelle *Tsukushi* du gouvernement japonais, en route de Newcastle pour Yokohama, vient de faire escale à Plymouth ; elle est munie de tous les perfectionnements les plus modernes, entre autres d'une installation complète d'éclairage électrique. Espérons que le peuple japonais n'aura pas pour cet éclairage la même terreur que les insulaires de Madagascar. Pendant le récent bombardement de Tamatave, *la Flore* ayant projeté les rayons électriques sur la côte, entre les pointes de Tanio et de Hastie, les insulaires furent pris à bon droit d'une terreur salutaire. L'un d'eux s'en alla criant que les hommes blancs avaient attrapé la comète et allaient s'en servir pour se battre contre eux ; un autre, plus positif, déclarait que les Français allaient s'en servir pour mettre le feu à la ville.

J. A. Berly.

Société internationale des électriciens. — *Les statuts et le règlement de la Société internationale des électriciens parviendront à nos lecteurs qui nous en ont fait la demande à peu près en même temps que le présent numéro.*

Digitized by Google

OUVERTURE DE L'EXPOSITION DE VIENNE

L'Exposition internationale d'Électricité de Vienne a été solennellement ouverte le jeudi 16 août, à onze heures du matin, par le prince impérial. Malgré le mauvais temps, plusieurs milliers de personnes assistaient à cette cérémonie.

Tous les invités, parmi lesquels on remarquait les membres du corps diplomatique et les membres de la famille impériale, étaient présents.

Le prince impérial a été accueilli à son arrivée par des vivats enthousiastes. La musique a joué l'hymne nationale, et le comité de l'exposition a salué le prince, qui s'est rendu ensuite au pavillon impérial, où M. le baron Erlanger, président du comité, lui a adressé une allocution.

M. le baron Erlanger, a remercié le prince impérial d'avoir accepté le protectorat de l'Exposition, l'empereur et le prince impérial d'avoir appuyé l'entreprise, et les gouvernements étrangers d'y avoir pris une part considérable. Il a terminé en priant le prince impérial d'ouvrir l'Exposition d'Électricité.

Le prince impérial a répondu à M. le baron Erlanger en faisant ressortir l'importance actuelle et future des applications de l'électricité. Il a dit que ce n'était peut-être pas par un pur hasard que Vienne avait vu s'organiser dans ses murs la troisième, mais aussi la plus grande exposition d'électricité.

L'archiduc Rodolphe a ajouté que des découvertes très importantes avaient, en effet, été faites à Vienne dans le domaine de l'électricité. Il a dit, en outre, que l'Exposition faisait honneur à l'empire et à Vienne, et a remercié les États amis de leur précieuse coopération.

Le prince impérial a déclaré ensuite, au nom de l'empereur, que l'Exposition d'Électricité était ouverte.

Le discours de l'archiduc Rodolphe a été accueilli par de chaleureux applaudissements.

Le prince impérial a parcouru ensuite toutes les parties de l'Exposition et a adressé aux différents exposants des questions et des paroles élogieuses et encourageantes.

Le catalogue officiel porte 579 exposants ainsi répartis : Autriche, 223; France, 133; Allemagne, 68; Russie, 27; Angleterre, 27; Italie, 16; Amérique, 13; Danemark, 10; Divers, 62.

Malgré tous les efforts, l'exposition est loin d'être prête, et ce n'est guère avant le 15 septembre qu'on pourra la considérer comme réellement terminée. Nous attendons donc son complet achèvement pour en décrire les merveilles et présenter à nos lecteurs les nouveautés qu'elle renferme.

Digitized by Google

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES
ET LES MOYENS DE LES GOUVERNER

Sous ce titre, MM. Ayrton et Perry ont fait devant la *Society of Telegraph Engineers and Electricians*, de Londres, une communication importante dont nous résumerons les points principaux.

En prévision de distributions prochaines d'électricité à domicile, et des facilités que ces distributions présenteront pour fournir la force motrice pendant le jour aux usines, ateliers, petites industries, et même aux maisons privées pour les usages domestiques, il est très important d'étudier les formes qui conviennent le mieux aux moteurs électriques ainsi que les meilleures conditions qui permettent d'en faire usage; il n'est pas moins important d'étudier par quels moyens on

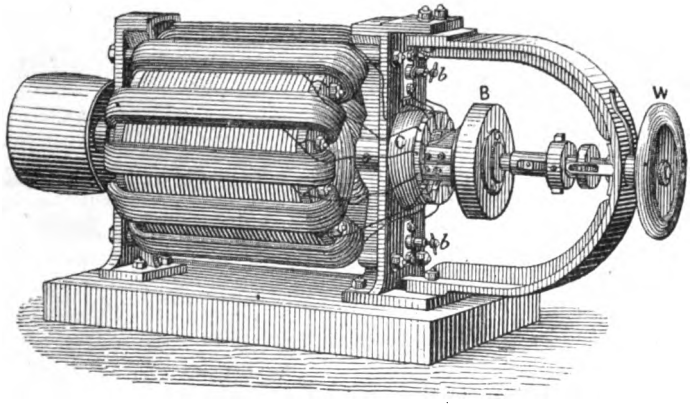


Fig. 1. -- Moteur électrique de MM. Ayrton et Perry.

parviendra à les faire tourner à une vitesse constante, quel que soit le travail fourni à chaque instant, car cette condition de vitesse constante est imposée pour les tours, les scies circulaires, et un grand nombre de machines-outils. Les moteurs électriques présentent les principaux avantages suivants :

1° Déplacement facile, puisqu'il suffit de les relier par deux conducteurs flexibles avec la canalisation générale pour les mettre en marche;

2° Faible poids pour un travail donné;

Digitized by Google

3° Possibilité de fonctionner à une grande distance du moteur principal;

4° Rendement excellent à de grandes vitesses; ils conviennent tout particulièrement à la mise en action des machines à grande vitesse, sans transmissions intermédiaires qui absorbent inutilement une grande quantité de travail.

La légèreté des moteurs électriques permet, dans bien des cas, d'apporter l'outil au travail au lieu d'apporter le travail à l'outil; c'est ainsi qu'on construit des scies et des meules à polir qui viennent agir sur les pièces elles-mêmes.

La vitesse constante des moteurs est utile dans le cas où on les emploie pour commander des ventilateurs, et surtout dans le système de locomotion électrique automatique proposé par M. le professeur Fleeming-Jenkin et présenté sous le nom *telpherage*, nom qui ne tardera pas à donner naissance au verbe *telphérer*.

MM. Ayrton et Perry ont étudié mathématiquement et expérimentalement l'augmentation de résistance de l'induit due à la self-induction, le calage des balais en fonction des différents éléments de la circulation électrique, et enfin les meilleures dimensions relatives de l'inducteur et de l'induit suivant que la machine fonctionne comme générateur ou comme moteur.

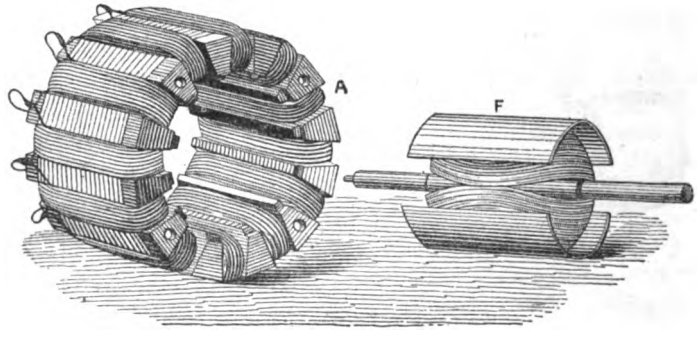


Fig. 2. — Inducteur (F) et induit (A) du moteur de MM. Ayrton et Perry.

Les conclusions auxquelles les auteurs arrivent à ce dernier point de vue doivent être signalées, car elles les ont conduits à la création du moteur que nous allons décrire.

Bien qu'identique en sprincipe et susceptibles d'être reversibles, les machines dynamo-électriques ne doivent pas présenter les mêmes proportions dans leurs différentes parties, suivant qu'elles fonctionnent comme générateur ou comme moteur.

Digitized by Google

Une machine dynamo-génératrice doit avoir des inducteurs beaucoup plus grands que l'induit, tandis qu'une dynamo machine motrice doit avoir, au contraire, un induit très grand et un inducteur de petites dimensions.

(Quelles que soient les parties fixes ou mobiles, l'inducteur est la partie dans laquelle le courant ne change jamais de sens, et l'induit celle dans laquelle le courant change de sens un certain nombre de fois par tour.)

Cette règle comporte cependant une restriction, parce que le rôle

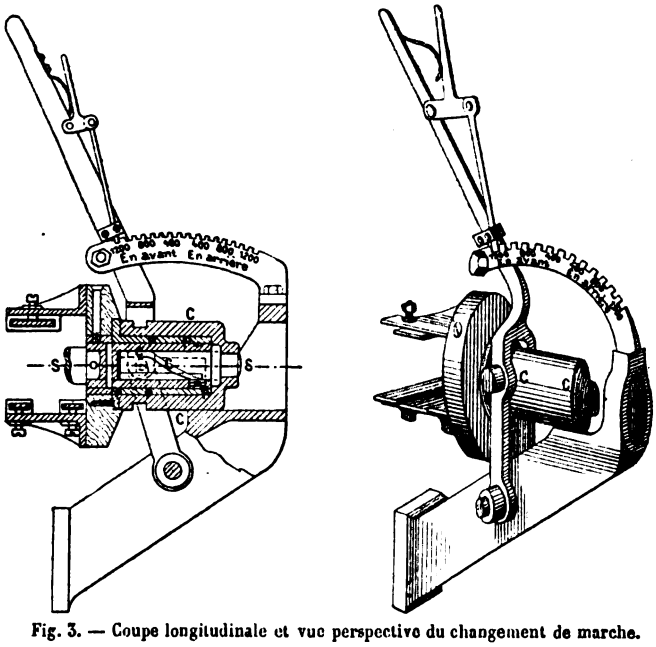


Fig. 3. — Coupe longitudinale et vue perspective du changement de marche.

de la self-induction intervient et que cette self-induction augmente en proportion du poids de l'induit; on est alors conduit à prendre un moyen terme pour se tenir autant que possible à égale distance des causes nuisibles particulières à chaque excès. MM. Ayrton et Perry ont adopté comme règle pratique de faire l'induit quatre fois plus lourd que l'inducteur. Pour satisfaire à cette condition, il a fallu renverser l'ordre habituel des choses dans les machines à courant continu; l'induit est fixe et l'inducteur mobile.

La figure 1 représente la vue d'ensemble de ce moteur et la figure 2 les deux pièces séparées. On voit sur cette figure que l'inducteur mobile F porte les balais et se meut à l'intérieur de l'induit fixe A; les

Digitized by Google

balais tournent avec lui sur un collecteur fixe de forme plate ou cylindrique. Le fonctionnement est, en principe, identique à celui de la machine Gramme; les balais, en se déplaçant, amènent le déplacement des polarités sur l'anneau fixe; les pôles se couvrent donc ainsi après, sans pouvoir jamais s'atteindre.

Le calage des balais doit varier avec la vitesse de la machine, et l'on sait qu'il suffit de changer ce calage pour l'arrêter et même pour changer le sens du mouvement.

Dans le type représenté figure 1, ce changement de calage se fait à l'aide d'un volant W placé sur le prolongement de l'axe de la machine. Pour les moteurs de plus grandes dimensions, un système analogue au levier de changement de marche des locomotives permet d'obtenir les mêmes résultats : la figure 3 représente ce système en coupe et en perspective et la figure 4 en est le détail à une plus grande

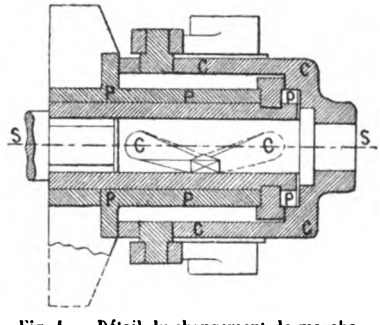


Fig. 4. — Détail du changement de marche.

échelle. Lorsqu'on pousse le levier en avant, le moteur tourne rapidement dans une direction; en le poussant en arrière, il tourne rapidement en sens inverse. Voici comment fonctionne ce changement de calage : Sur l'axe de l'inducteur tournant est fixée une broche SS qui est attachée à un collier extérieur CC et tourne avec lui. En poussant le levier dans un sens ou dans l'autre, ce collier se meut le long de la broche et entraîne avec lui une sorte de cheville se déplaçant dans une gorge hélicoïdale GG; et le collier PP qui tourne autour de CC avec les balais se déplace un peu en avant ou en arrière par rapport à CC, entraîne avec lui les balais et change ainsi leur calage qui reste fixe pour chaque position du levier. Le secteur qui guide le levier de changement de marche porte des crans correspondants aux différentes vitesses en avant ou en arrière.

Nous examinerons dans un prochain article les résultats fournis par ces moteurs ainsi que les différents moyens proposés par MM. Ayrton

Digitized by Google

et Perry pour maintenir leur vitesse constante dans les différents cas qui pourraient se présenter dans une distribution d'électricité à domicile.

COMITÉ GÉNÉRAL DE LA COMMUNICATION SOUTERRAINE

Il vient de se former sous ce titre, à New-York, une sorte de syndicat composé des présidents, directeurs ou secrétaires des principales compagnies d'électricité.

Le but que poursuit ce comité est nettement indiqué dans l'extrait ci-dessous de la lettre d'invitation adressée le 3 avril dernier par les organisateurs aux sociétés électriques :

Ce serait un système électrique idéal que celui qui nous permettrait de fournir à toute maison quelconque la communication électrique, sous n'importe quelle forme, sans délai, sans frais excessifs, et sans aucune perturbation pour le pavé de la rue. Pour cela, il faudrait que la communication pût se faire par un appareil direct, qui n'obligeât à aucun travail au pavé de la rue; soit qu'on veuille installer une alarme contre les voleurs, une sonnerie pour commissionnaire, un téléphone, un circuit d'éclairage électrique par incandescence ou à arc, un fil pour l'heure, un télégraphe indicateur de la Bourse, un système de pompe ou d'élévateur électriques, ou toute autre communication télégraphique.

Il n'y a actuellement aucun système qui permette d'atteindre ce but, mais il existe près de trois cent cinquante appareils brevetés, d'une valeur et d'une utilité plus ou moins réelles, ayant rapport à l'isolation, à l'induction, aux procédés mécaniques pour la dilatation et la contraction, au support des fils dans les tyaux, à la décharge et à la conduite de l'électricité en excès, à la facilité des additions et modifications au service de la mise en communication des fils, et enfin, à l'accès facile des endroits qui auraient besoin de réparations. Quelques-unes de ces inventions peuvent être d'une valeur sérieuse, et seront, alors, essentielles au développement d'un système réellement pratique.

Le comité réuni le 20 avril a adopté les résolutions suivantes :

1° Que, de l'avis de cette réunion, il est aujourd'hui d'une haute importance d'examiner à fond tout appareil ou invention ayant rapport à la communication souterraine, afin de décider s'il est possible d'organiser un système général qui permette aux compagnies électriques d'établir les susdites communications;

2° Que, de l'avis de cette réunion, le désir général de voir débarrasser les voies publiques de poteaux et fils télégraphiques, s'accorde complètement

Digitized by Google

avec les vœux de compagnies, et que le véritable intérêt des actionnaires est d'établir un système de communication permanent, général, et bien protégé;

3° Que le problème ainsi soumis à l'examen des compagnies et des ingénieurs électriciens, est d'une complication et d'une difficulté extrêmes, et que, de l'avis de cette réunion, il n'a jamais été résolu, jusqu'ici, d'une manière complète; qu'on ne doit adopter qu'un système qui, tout en étant raisonnablement économique, offre aux intérêts généraux les meilleures garanties d'efficacité; que tout en admettant que les lignes télégraphiques principales puissent se servir des appareils actuels, il n'est pas possible, au point où en est aujourd'hui l'art des communications par l'électricité, que les compagnies spéciales, destinées au service des maisons particulières, puissent en faire usage sans encourir des frais énormes, qui, la plupart du temps, seraient absolument prohibitifs; et que, par conséquent, toute législation hâtive et coercitive en la matière doit être déconseillée, attendu qu'elle nuirait à l'intérêt public et à un besoin devenu indispensable.

Après avoir nommé son bureau et nommé trois commissions dont on trouvera plus bas le détail, le comité a donné les instructions suivantes à la commission des appareils électriques et mécaniques :

Le comité des appareils électriques et mécaniques devra examiner les inventions actuellement en usage, ou qui pourraient lui être soumises; donner aux inventeurs les avis nécessaires sur la nature et l'étendue des affaires de sa compétence, et poser nettement le problème à résoudre, dans le but de cencentrer tous les efforts de la science dans une direction pratique; délibérer et présenter au comité général des rapports sur l'état actuel de cette science, en constatant, par exemple, les difficultés déjà surmontées, celles qui ne le sont pas encore, ou qui, de l'avis du comité, sont insurmontables; et, à défaut d'un système idéal, faire au comité général telles recommandations qu'il trouverait dignes d'être adoptées, dans le but de remédier en partie ou provisoirement aux difficultés du problème, en attendant la découverte et le perfectionnement d'un système tout à fait satisfaisant. Le comité devra faire son rapport, en premier lieu, au comité d'organisation des affaires.

Cette commission, sous la présidence de M. Henry Morton, ingénieur de *The electric accumulator* C°, a alors rédigé une sorte de petit programme que nous reproduisons ci-dessous :

On demande que les conducteurs du système téléphonique, des différents systèmes de communication télégraphique, et des différents systèmes d'éclairage électrique à arc et à incandescence — systèmes qui varient beaucoup quant à la force électrique employée et quant à la nature et à la force du courant — soient posés dans un seul conduit ou dans une seule voie; et — ce qui est absolument essentiel — de manière à être indépendants les uns des autres, et affranchis en pratique du retard et de l'induction.

Le téléphone servira d'exemple pour démontrer la nécessité d'éviter l'induction et le ralentissement. Comme cet instrument est extrêmement sensible

Digitized by Google

aux impulsions électriques, dont il reçoit beaucoup de milliers par seconde, il est essentiel qu'il n'arrive pas de modification sérieuse dans les chocs pendant la transmission. L'induction variant en raison inverse du carré de la distance, il est clair que la proximité nécessaire d'un grand nombre de fils de téléphone, de télégraphe, et de lumière électrique dans un seul conduit souterrain augmentera beaucoup l'influence nuisible qui existe déjà et qui provient, non seulement des fils télégraphiques et de lumière électrique, mais aussi des autres fils téléphoniques. Lorsque le fil est d'une longueur considérable, il en résulte un retard dû à l'augmentation de capacité électrique; et l'on sait qu'on obtient une augmentation énorme de capacité lorsqu'un fil isolé est posé sous terre. Le retard produit non seulement une perte de temps, mais une modification et un trouble dans les signaux. Il faut que le son produit par la voix conserve une sûre et grande vitesse de changement, et lorsque le ralentissement devient si grand qu'on ne peut transmettre les signaux avec cette rapidité nécessaire, la reproduction de ces sons est si imparfaite qu'ils deviennent en partie ou entièrement inintelligibles.

Le *Holmes Burglar Alarm Telegraph* (Appareil de sûreté), système avec bureaux centraux, exige l'emploi d'un courant continu d'une tension et d'une intensité constantes, aussi bien que d'un galvanomètre d'une construction délicate. Une oscillation, même la plus légère de son aiguille, produite par l'induction qui détruit la constance ou qui change l'intensité du courant, donne une fausse alarme et détruit le système entier.

La nature du service du *Time Telegraph Co.* (Heure télégraphique), qui emploie à présent un circuit métallique, exige un telle perfection d'opération qu'un défaut accidentel, excepté à de très longs intervalles, serait fatal à son utilité et à son existence. Par conséquent, il est absolument essentiel qu'il n'y ait pas d'interruption, de fuites, d'induction considérable, ni de défauts d'isolement et de communication avec la terre.

Les *District Telegraphs*, avec service de messager (commissionnaires appelés par le télégraphe), exigent une communication facile avec toutes les maisons sans défaire le trottoir. On y emploie des circuits métalliques d'une longueur qui ne dépasse pas un ou deux milles.

Ces cas serviront d'exemples. Le conduit ou la voie électrique devra être d'une capacité considérable — de 2000 à 5000 fils — et d'une forme et d'un diamètre pratiques. Si l'on se sert de fils non isolés, il faut exclure l'humidité de ces fils et de toutes les jonctions. Si l'on emploie des fils isolés, la nature de l'isolement amènera la nécessité d'exclure l'humidité. Des détails de construction devront permettre — sans défaire le trottoir — la communication immédiate ou de fréquents changements avec chaque maison ou bâtiment pour tous les services électriques, un accès facile pour les réparations et les essais, la pose de fils additionnels, et leurs changements.

COMPOSITION DU COMITÉ GÉNÉRAL

Henry L. Bailey, Électricien, The Time Telegraph Company. — *Albert B. Chandler*, Président, The Fuller Electrical Company. — *William A. Childs*,

Digitized by Google

Directeur, The Law Telegraph Company. — *Grover Cleveland*, Gouverneur de l'État de New-York. — *Henry Cummins*, Vice-Président, The Postal Telegraph Company. — *Leonard E. Curtis*, Secrétaire, The United States Electric Lighting Company. — *Joseph P. Davis*, Vice-Président, The Metropolitan Telephone and Telegraph Company. — *Sherburne B. Eaton*, Président, The Edison Electric Light Company. — *Franklin Edson*, Maire de la ville de New-York. — *Charles R. Flint*, The Weston Electric Light Company. — *Rowland R. Hazard*, Président, The Gramme Electrical Company. — *Edwin Holmes*, Président, The Burglar Alarm Telegraph Company. — *Clark B. Hotchkiss*, Vice-Président, The Mutual District Telegraph Company. — *William M. Ivins*, Président, The Jablochkoff Electric Lighting Company. — *Frederick H. May*, Directeur général, The American Rapid Telegraph Company. — *Thomas J. Montgomery*, The Brush Electric Company. — *Henry Morton*, The Electrical Accumulator Company. — *Garret S. Mott*, Surintendant général, The Bankers' and Merchants' Telegraph Company. — *Henry W. Pope*, Vice-Président, The Manhattan District Telegraph Company. — *Charles W. Price*, Directeur, The Baltimore and Ohio Telegraph Company. — *Augustus C. Richards*, Trésorier, The Automatic Signal Telegraph Company. — *John B. Scott*, The Commercial Telegram Company. — *J. Elliott Smith*, Surintendant, The City Fire Department Telegraph. — *Elihu Thomson*, Électricien, The Thomson-Houston Electric Company.

Bureau : *Joseph P. Davis*, Président. — *Robert W. Blackwell*, Trésorier. — *William C. Behrens*, Secrétaire.

Commission des appareils électriques et mécaniques : *Henry Morton*, Président. — *Albert B. Chandler*. — *Joseph P. Davis*. — *Frederick H. May*. — *Henry W. Pope*. — *Garret S. Mott*. — *Elihu Thomson*. — *J. Elliott Smith*. — *Le Gouverneur et le Maire* (Membres d'office). — *William C. Behrens*, Secrétaire.

Commission des lois et privilèges : *Sherburne B. Eaton*, Président. — *Leonard E. Curtis*. — *William M. Ivins*. — *Le Gouverneur et le Maire* (Membres d'office). — *Robert W. Blackwell*, Secrétaire.

Commission de l'organisation des affaires : *Rowland R. Hazard*, Président. — *Augustus C. Richards*. — *Thomas J. Montgomery*. — *Charles R. Flint*. — *Clark B. Hotchkiss*. — *Le Gouverneur et le Maire* (Membres d'office). — *Robert W. Blackwell*, Secrétaire.

Les programmes et les noms qu'on vient de lire montrent que le but poursuivi par le comité est purement pratique et industriel : nous considérons cette initiative comme très louable et nous souhaitons au comité un succès rapide et complet. Nous tiendrons nos lecteurs au courant des résultats obtenus.

Toutes les communications : projets, devis, dessins, modèles, etc., doivent être adressés à M. William C. Behrens, *secrétaire*, 115 Broadway, bureau n° 47, New-York.

Digitized by Google

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 13 août 1883.

Les Comptes rendus renferment les rapports préliminaires des missions organisées par l'Académie pour observer le passage de Vénus.

La mission de Santa-Cruz de Patagonie, dirigée par M. le capitaine de frégate Fleuriais, a fait des observations magnétiques nombreuses et suivies pour déterminer la valeur de l'intensité, de l'inclinaison et de la déclinaison. L'inclinaison moyenne est de 48° 40′ vers deux heures du soir. La déclinaison observé pendant le mois de novembre 1882 a donné les résultat suivants :

	Minimum. . =	18° 51′ N.-E.	à 6 heures du matin.
	Maximum. . =	19° 6′	à 5 heures du soir.
Anomalies. .	12 novembre	19° 20′	à 1 heure et 2 heures du soir.
	19 —	18° 55′	à 8 heures du matin.

M. Quet présente une note *Sur l'application de la méthode d'Ampère à la recherche de la loi élémentaire de l'induction électrique par variation d'intensité.*

L'auteur cherche à déterminer quelles sont, entre les formules de Neumann et les formules de Weber relatives à l'induction, celles qu'il convient d'adopter pour représenter la loi élémentaire de l'induction produite par la variation d'intensité des courants électriques. L'auteur arrive à cette conclusion que les formules de Weber sont seules exactes à l'exclusion de celles de Neumann.

Sur la mesure des différences de potentiel, au moyen du galvanomètre. Note de M. L. Thévenin.

Parmi les conséquences pratiques du théorème d'électricité dynamique que j'ai présenté à l'Académie (séance du 16 juillet 1883), je crois devoir signaler aujourd'hui son application à la détermination expérimentale de la différence des potentiels V et V′ en deux points A et A′ d'un réseau de conducteurs parcourus par des courants constants.

Digitized by Google

L'emploi de l'électromètre fournit une solution rigoureuse du problème, et cette solution est, à tous égards, la plus satisfaisante, mais la mise en station et le réglage de l'instrument exigent, de la part de l'expérimentateur, une habileté peu commune, et réclament, dans tous les cas, un temps assez long. On a donc souvent recours au galvanomètre; la méthode usitée est alors la suivante :

L'appareil est placé en dérivation, c'est-à-dire que les deux extrémités du fil des bobines aboutissent en A et A'. On observe la déviation de l'aimant, et, connaissant la constante de l'appareil, on en déduit l'intensité i du courant dérivé. Ceci posé, si la résistance r de la branche contenant le galvanomètre est *très grande*, on admet que l'introduction de cette résistance n'a pas changé sensiblement le régime primitif des courants, c'est-à-dire que la nouvelle différence $v - v'$ des potentiels des points A et A', et l'on accepte, pour valeur de la quantité cherchée, l'expression

$$v - v' = i \times r.$$

Mais que faut-il entendre par une résistance *très grande?* Il est clair qu'il ne s'agit pas ici d'une résistance très grande d'une manière absolue, mais très grande par rapport à une autre résistance. Quelle est cette autre résistance, et sur quelle approximation peut-on compter? Ce sont là deux questions importantes, sur lesquelles aucun traité de mesure ne donne, à ma connaissance, d'explications. Or j'ai démontré que, si R représente la résistance du réseau primitif mesurée entre les points A et A' considérés comme électrodes, la valeur véritable de V — V' est donnée par la relation

$$V - V' = i(r + R).$$

L'erreur absolue est donc

$$V - V' - (v - v') = iR,$$

et l'erreur relative est

$$\frac{R}{r+R} = \frac{1}{\frac{r}{R}+1}.$$

Ainsi, pour avoir une idée de l'approximation de la mesure, il faut connaître, au moins d'une manière approchée, la valeur du rapport $\frac{r}{R}$. La méthode supposant qu'on connaît r, il reste à évaluer R. Cette évaluation peut se faire assez facilement, lorsque les points A et A

Digitized by Google

partagent le réseau en deux parties qui n'ont pas de communication entre elles, et qui sont constituées chacune par un conducteur simple ou par des conducteurs en arc multiple, de résistances connues; mais il n'en est plus de même si ces deux parties sont reliées entre elles par d'autres conducteurs, et, dans ce dernier cas, on ne peut, en général, se rendre compte *à priori* de la valeur minima qu'il convient de donner à r pour que l'erreur ne dépasse pas une limite assignée.

Voici une méthode qui évite cet embarras, en fournissant une solution dans laquelle il n'entre aucune approximation.

Le galvanomètre, dont la résistance peut avoir une valeur quelconque, étant installé en dérivation, comme précédemment, entre les points A et A', les potentiels de ces points prennent des valeurs différentes de V et V', mais j'ai démontré que l'on a

$$V - V' = i(r + R). \qquad (1)$$

Introduisons maintenant dans la branche du galvanomètre une résistance étalonnée a, et soit i' la nouvelle intensité du courant dérivé, déduite de la nouvelle déviation de l'aimant. On aura

$$V - V' = i'(a + r + R). \qquad (2)$$

Éliminant $r + R$ entre ces deux relations, on obtient

$$V - V' = a\frac{ii'}{i - i'}. \qquad (3)$$

Si l'on choisit a de manière que $i' = \frac{i}{2}$, la formule se simplifie et devient

$$V - V' = a \times i.$$

Cette formule est rigoureusement exacte, et, en vertu de la généralité du théorème dont elle se déduit, elle est applicable quelle que soit la complication du réseau.

Théoriquement, on peut donner à r une valeur quelconque. En pratique, cela est encore vrai, sauf lorsqu'il existe dans le réseau des forces électromotrices de réaction. Il convient alors, pour rendre leurs variations peu sensibles, de faire usage, de préférence, d'une dérivation de résistance considérable [1].

[1] A ce point de vue, l'emploi de l'électromètre présente un grand avantage, car il permet d'effectuer la mesure sans altérer en rien le régime des courants.

Digitized by Google

Remarque I. — On peut également, des équations (2) et (3), tirer la valeur de R. On trouve

$$R = a\,\frac{i'}{i - i'} - g,$$

et, dans le cas où $i' = \frac{i}{2}$,

$$R = a - g.$$

Il en résulte que le réseau donné peut, le cas échéant, être traité comme une source constante, par exemple comme une pile, dont les pôles sont en A et A', dont la force électromotrice est $a \times i$, et la résistance intérieure $a - g$.

Remarque II. — Toutes les méthodes connues pour la mesure de la force électromotrice et de la résistance intérieure d'une pile peuvent servir pour déterminer les quantités désignées par $V - V'$ et par R ; c'est la conséquence de la formule $i = \frac{V - V'}{r + R}$, qui fait l'objet de mon théorème. Si j'ai développé spécialement l'une de ces méthodes, c'est pour indiquer la possibilité de parvenir, par une modification simple, à rendre rigoureusement exact un procédé *usuel* ne fournissant qu'un résultat approché.

Séance du 20 août 1883.

Comparaison des hypothèses des fluides magnétiques et des courants moléculaires. — Mémoire de M. P. Le Cordier.

L'extrait publié par l'auteur a pour but de rectifier une erreur publiée précisément dans les *Comptes rendus*. La conclusion de cette note est que :

L'identité de la force directrice et de l'induction peut s'énoncer, indépendamment de toute hypothèse, en disant que l'induction est une polarisation dont le coefficient varie d'un milieu à un autre, et que le vide se polarise pareillement. Alors, l'aimantation d'un corps n'est que l'excès de sa polarisation sur celle qui s'établirait dans le vide, si ce corps n'existait pas.

Digitized by Google

ASSOCIATION FRANÇAISE POUR L'AVANCEMENT DES SCIENCES

DOUZIÈME CONGRÈS. — ROUEN

Les communications relatives à l'électricité ont été rares cette année ; nous devons signaler cependant une remarquable conférence faite par M. Ch. de Comberousse, professeur à l'École centrale des arts et manufactures sur *Le transport de l'énergie.*

Après avoir donné une définition précise de l'énergie dynamique et de l'énergie de position, M. de Comberousse a mis en lumière la loi de la conservation de l'énergie pendant de la loi de la conservation de la matière, et montré comment la théorie mécanique de la chaleur conduit au principe de l'équivalence et de la transformation des énergies naturelles les unes dans les autres.

Après avoir indiqué le rôle des machines, leurs bienfaits et leurs inconvénients, il a insisté sur cette idée que le transport de l'énergie présente deux faces : le transport lui-même et la division, la dissémination de l'énergie transportée, et mis en relief l'intérêt des petits moteurs.

Les câbles, l'eau sous pression, l'air comprimé ou raréfié offrent déjà d'excellentes solutions qui ne demandent qu'à être développées.

Parlant enfin de l'électricité, M. de Comberousse a présenté un résumé des merveilles déjà acquises et toujours en voie de perfectionnement. En ce qui concerne le transport de l'énergie, après avoir signalé toute l'importance des machines d'induction et décrit les expériences faites jusqu'à ce jour, M. de Comberousse a émis l'opinion que, sur ce point spécial et en raison même de la délicatesse de l'agent, il fallait rester très prudent pour les évaluations futures et se réserver.

Sans partager entièrement l'opinion de M. de Comberousse sur la *délicatesse* de l'agent électrique, nous sommes d'avis, avec lui, qu'il faut être prudent et réservé, surtout en présence des exagérations scientifico-industrielles auxquelles le transport électrique de la force a donné lieu pendant ces derniers temps.

INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS

MEETING DE LIÈGE

La Société des Ingénieurs mécaniciens de Londres s'est réunie à Liège, le 25 juillet, pour entendre quelques communications inté-

Digitized by Google

ressantes, et entre autres celle de *M. Alan C. Bagot* de Londres sur les applications de l'électricité aux mines; nous en donnons un résumé :

Signaux électriques dans les mines. — Les signaux mécaniques sont devenus insuffisants depuis que la profondeur des puits des houillères va toujours croissant et que l'on se sert d'appareils de levage de plus en plus rapides; ces signaux, transmis par un long fil métallique qui, violemment tiré, fait tomber un marteau sur une tôle, s'échangent entre le *cager*, ouvrier, placé au fond du puits, qui charge les caissons pleins, le *banksman* ou *receveur*, se tenant à l'ouverture du puits, qui décharge ces caissons et les remplace par des vides, et le mécanicien préposé aux machines. Ce système occasionne des pertes de temps considérables, et présente de sérieux dangers quand le fil vient à se rompre; en outre, en cas d'accident survenu à la suite d'un signal défectueux, il est difficile de démêler parmi les dires contradictoires à qui incombe la responsabilité, qui retombe ainsi toujours sur le directeur.

M. Bagot, décidé à recourir à l'électricité, s'est livré à de nombreuses expériences, de 1874 à 1877, pour déterminer la nature et les dimensions les plus convenables des fils conducteurs. — Les câbles isolés sont très coûteux, sujets à se détériorer par la chute du charbon, et se recouvrent d'une couche de poussier de charbon qui les charge démesurément; le fil de fer en toron est trop sujet à la rouille et d'une résistance électrique trop élevée; le fil de cuivre en toron est trop lourd; le fil de cuivre plein est trop mou et donne lieu par suite à de trop fortes tensions; le fil de fer galvanisé, n° 11 (3 millimètres) est trop léger et d'une trop grande résistance électrique pour le puits comme pour les machines. Bref, le n° 4 (6 millimètres) convient le mieux pour les conducteurs du puits, et le n° 8 (4 millimètres et demi) pour les machines. Les conducteurs du puits sont maintenus verticalement par des crochets fixés sur la charpente du cuvelage; ils sont protégés par deux gaines longitudinales en bois, reliées ensemble par des vis, et portent à leur extrémité inférieure un poids de 10 kilos servant de compensateur. Les piles les plus convenables pour la transmission des signaux sont les piles Leclanché; on emploie 12 éléments de grand modèle, dont les parois des vases sont enduites de paraffine pour éviter le grimpement des sels; la surface libre du liquide excitateur est recouverte d'une couche d'huile à graisser les machines, le protégeant contre le poussier de charbon. On trouve avantage, pour atténuer l'effet des dérivations par suite de l'humidité de la mine, de doubler l'intensité du courant au départ.

Digitized by Google

Le système employé aux houillères de Cannock et de Rugeley consiste en une sonnerie à un coup, mettant en communication le *cager* simultanément avec le *banksman* et le mécanicien, et le *banksman* avec le *cager* seulement, au moyen de timbres de $0^m,23$ disposés d'une façon spéciale. Quand on monte du charbon, le receveur sonne deux fois le *cager*, assitôt qu'il a retiré le caisson plein et qu'il l'a remplacé par un vide; le *cager*, de son côté, quand il a remplacé le caisson vide par un plein, sonne deux fois, simultanément le mécanicien et le *banksman*, avertissant ainsi ce dernier qu'il a commandé *marche* au mécanicien. La pratique indique que cette méthode est plus rapide et plus sûre que celle qui consiste à passer par l'intermédiaire du *banksman* pour avertir le mécanicien. La transmission des ordres spéciaux se fait au moyen de circuits munis de cadrans, alimentés par la batterie du circuit de la cloche, — et disposés comme ce dernier. Les transmetteurs sont de simples commutateurs, munis d'organes mécaniques spéciaux permettant d'assurer un contact parfait pendant un intervalle de temps donné, et, grâce à un piston à air, l'appareil ne peut rester dans une position qui laisserait le circuit fermé. L'ordre transmis au *banksman* se lit sur le cadran du *cager*, qui peut seul le changer; le premier est dans l'impossibilité d'altérer l'indication de son propre cadran ou celle du *cager*, de sorte qu'on a entre les mains un véritable *block-system*.

Une autre application de l'électricité dans les houillères est l'anémomètre enregistreur, imaginé par *M. Bagot*. Les aubes hémisphériques sont placées dans le conduit d'air principal, et l'appareil enregistreur dans la chambre du ventilateur. Cet appareil comprend un mouvement d'horlogerie qui débite une longueur déterminée de ruban de papier dans un temps donné, et ferme toutes les cinq minutes un circuit électrique local à l'intérieur de l'appareil, de sorte que le temps se pointe sur le ruban. Les aubes tournant dans le conduit d'air de retour établissent un contact au moyen d'une roue, chaque fois qu'elles ont exécuté un nombre déterminé de révolutions. Cet appareil et l'enregistreur sont mis en communication par un fil de fer galvanisé n° 11 (3 millimètres). Selon les variations de vitesse de l'air de la mine, le nombre des interruptions du circuit varie et est imprimé sur le ruban comme dans l'appareil Morse, de sorte que le nombre des empreintes dans chaque intervalle de cinq minutes indique à la fois la vitesse moyenne de l'air et ses variations.

Enfin une autre application bien utile permet d'entendre le jeu des clapets de la pompe de la mine. A cet effet, M. Bagot s'est servi d'un téléphone modifié, fixé à la partie extérieure du couvercle du clapet. Le mécanicien s'habitue très vite à percevoir le jeu des cla-

Digitized by Google

pets aussi bien qu'un médecin les battements du cœur à l'aide d'un stéthoscope.

Eclairage et transmission de force. — *M. Bagot* a fait en 1881 des expériences suivies sur l'éclairage électrique des houillères. La machine Gramme était actionnée par le même moteur que le ventilateur Scheele, ce qui assurait une grande régularité, tout en économisant la force motrice. Ces expériences ont prouvé que les lampes à incandescence ne pouvaient rendre de grands services et que les meilleurs résultats étaient fournis par de puissantes lampes à arc, suspendues à 12 mètres du sol. Grâce à la blancheur de leur lumière, les mineurs peuvent découvrir et recueillir facilement les divers minerais. — Mais il a été reconnu que des courants alternatifs à un haut potentiel étaient très dangereux, les défenses les plus rigoureuses ne pouvant empêcher les ouvriers de toucher aux fils conducteurs. Les machines à basse tension d'Edison sont à recommander en première ligne; les machines Gramme ou Siemens conviennent pour les lampes à arc de Brockie, Serrin ou Crompton.

Dans les houillères de Risca, l'éclairage de la mine est produit par des lampes à incandescence Crompton de grande puissance, qui donnent une excellente lumière et facilitent énormément les travaux dans les cunettes. Mais, pour les travaux d'avancement, M. Bagot prétend qu'il faut renoncer à l'usage de ces lampes pour se conformer aux prescriptions de l'article VII, section 76 du *Mines Regulation Act* de 1872, en vertu duquel il n'est permis d'employer que des lampes de sûreté en tout lieu où il pourrait s'être accumulé du gaz explosif. D'ailleurs les fils peuvent être rompus par un éboulement, une lampe peut se briser. Le danger provenant du premier cas pourrait être évité en se servant d'accumulateurs chargés au dehors par un dynamo, mais il est avéré qu'il ne faut pas moins de 30 éléments Faure, pesant environ 2 tonnes, pour éclairer le train express *Pullman* de Londres à Brighton; leur application dans les mines n'est donc nullement pratique. En outre un mineur doit pouvoir s'éclairer à peu de distance au-dessus et au-dessous du trou qu'il perce, ce qui exige un déplacement continuel de sa lampe; s'il se sert d'une lampe électrique, il faut qu'elle soit hermétiquement fermée et qu'elle pèse moins de 1,5 kilogrammes.

La seule application utile de l'électricité au transport de la force dans les houillères serait celle qui a rapport à la traction souterraine des convois de charbon sur des chemins de fer système Siemens. Mais, d'après les renseignements recueillis par M. Bagot, on réalise une économie considérable en se servant des locomotives à air comprimé.

Digitized by Google

Ainsi, dans les houillères de Cannock et Rugely, ces machines ont donné les résultats les plus satisfaisants. La distance à parcourir est de 200 mètres, et la locomotive traîne 10 tonnes de charbon, avec des rampes de plus de 4 centimètres par mètre, à une vitesse de 13 kilomètres à l'heure. Pour une extraction de 300 tonnes par jour, le transport de la tonne revient à 0 fr. 075. L'air est comprimé à 5 atmosphères d'abord, puis à 24 atmosphères pour la locomotive ; toutes les difficultés relatives à la chaleur latente sont levées par l'emploi d'un vaste réservoir. Une locomotive coûte 6250 francs et le compresseur 1750 francs. La traction électrique coûte au moins le double et ne concourt pas à la ventilation de la mine.

En résumé, M. Bagot plaide en faveur de l'électricité pour les signaux et l'éclairage dans les mines; il ne l'admet pas comme force motrice — ni pour l'éclairage des avancements. Il engage à ne pas oublier que, pour toutes ces innovations, il faut qu'un homme compétent préside à l'installation, et que l'on doit garder en permanence un ouvrier électricien entendu, sous peine d'augmenter les dangers d'accidents au lieu de les diminuer. A son avis, l'installation des signaux électriques est indispensable, tandis que celle de l'éclairage n'est qu'une affaire de convenance, car pour les travaux souterrains il préfère les lampes de sûreté qui s'éteignent d'elles-mêmes.

M. Hedges, contrairement à M. Bagot, croit que l'éclairage électrique apporterait un surcroît de sécurité et que l'on pourrait construire des lampes à incandescence donnant toute satisfaction au *Mines Regulation Act*. Elles seraient hermétiques et disposées de façon que si le verre venait à se briser, le courant fût interrompu avant que le gaz explosif eût eu le temps de s'enflammer. Il a étudié une lampe à deux enveloppes de verre, dans l'intervalle desquelles se trouve une petite quantité d'eau ayant pour but de diffuser la lumière tout en établissant le contact électrique, de façon que si le verre vient à se briser, l'eau s'écoule et la lampe s'éteint faute de courant. Une lampe électrique allumée dans un mélange explosif serait plus sûre que la lampe de mineur. En outre, grâce à son pouvoir éclairant, elle peut être placée à une certaine distance, et n'a pas besoin par suite d'être déplacée aussi fréquemment que la lampe de sûreté.

M. Tresca donne des renseignements sur l'état de la question du transport de la force à distance, en France. Il pense qu'il n'y a guère d'autres limites à la distance à laquelle on puisse transporter une force, que les pertes subies par le conducteur. Il ne croit pas que la traction électrique soit appelée à un grand succès, mais il pense que l'application de l'électricité dans les mines présente de grands avantages. Après avoir examiné toutes les causes de pertes, il en

Digitized by Google

déduit qu'à une distance de 500 ou 1000 mètres, on ne peut obtenir un rendement supérieur à 60 à 70 pour 100.

BIBLIOGRAPHIE

AN INTRODUCTION TO PHYSICAL MEASUREMENTS, *with appendices on absolute electrical measurement, etc.*, par le Dr F. KOHLRAUSCH, — Traduit de la quatrième édition allemande par MM. *T.-H. Waller* et *R.-H. Proctor*. Churchill, éditeur. London.

Une vérité confirmée par l'expérience, c'est que l'enseignement purement verbal des lois physiques est rarement profitable, et qu'il amène souvent des confusions dans l'esprit de l'étudiant, tandis qu'une expérience lui donne confiance en lui-même et dans la loi qu'il recherche. Le but de l'ouvrage que nous signalons à nos lecteurs est de faciliter ces recherches et ces expériences.

Les connaissances mathématiques exigées pour l'emploi des formules ne dépassent pas les élémentaires, et les démonstrations n'en sont données que lorsqu'elles ne conduisent pas à des calculs compliqués.

L'ouvrage original avait été écrit dans le système de Gauss et Weber, dont les unités fondamentales sont, comme on le sait, le millimètre, le milligramme et la seconde. La nouvelle édition a été revue avec soin, et les traducteurs y ont ajouté tous les renseignements nécessaires pour effectuer facilement les transformations en unités C. G. S. et en unités pratiques.

Bien que consacré à la mesure des quantités physiques en général, l'électricité constitue la partie la plus importante de cet ouvrage, dont la place est marquée dans toutes les bibliothèques et tous les laboratoires d'électricité.

FAITS DIVERS

INSTITUT ÉLECTRO-TECHNIQUE DE L'UNIVERSITÉ DE LIÈGE. — M. le sénateur Montefiore Levi vient de mettre à la disposition de l'Université de Liège (Belgique) une somme de cent mille francs destinée à la fondation d'un laboratoire d'électricité dont les locaux et l'ameublement seront fournis par l'État.

Afin de faire fructifier ce don, le gouvernement belge a décidé d'organiser

Digitized by Google

dans les écoles spéciales annexées à l'Université de Liège un enseignement complet des applications de l'électricité, permettant de former des *ingénieurs électriciens*.

Cet enseignement comprendra quatre années d'études : deux années préparatoires, consacrées aux sciences mathématiques et physiques et deux années d'études techniques. Le programme de ces dernières comporte des cours approfondis concernant la mécanique appliquée, la construction, la métallurgie et l'électro-technique.

Les études électro-techniques comprennent quatre cours distincts embrassant les matières suivantes :

La théorie de l'électricité;

Les générateurs et les lignes électriques;

La télégraphie, la téléphonie et les signaux;

La lumière électrique, la transport de la force et l'électro-métallurgie.

Les programmes font une part très large aux travaux de laboratoire.

Les cours et les exercices relatifs à l'électricité sont disposés à des heures telles qu'ils pourront être suivis en une seule année par les jeunes gens qui ont déjà fait d'autres études techniques.

La fréquentation des cours de cette année complémentaire permettra aux ingénieurs des mines et aux ingénieurs mécaniciens sortis de Liège d'acquérir le diplôme d'ingénieur électricien et aux autres élèves d'obtenir des certificats spéciaux.

L'exécution de ces mesures commencera dès le 15 octobre prochain. M. l'ingénieur Eric Gérard est chargé du nouvel enseignement.

—

Comparaison entre les piles et les machines dynamo-électriques. — Une des meilleures piles au point de vue de l'intensité de ses effets, est certainement la pile de *Bunsen*. Un élément développe une f. e. m. de 1,9 volt et, pour le type usuel de $0^m,20$, présente une résistance de 0,24 ohm. Le travail maximum a lieu quand la résistance extérieure est égale à la résistance intérieure. La différence de potentiel est alors de 0,95 volt et l'intensité d'environ 4 ampères. Le travail utile d'un élément, le rendement étant de 50 pour 100, est donc d'environ 4 watts (0,4 kilogrammètre). Par contre, une dynamo qui absorbe 1 cheval de force, donne environ 460 watts. Pour remplacer cette machine, il faudrait donc employer 115 éléments Bunsen. Le prix d'acquisition d'une dynamo de 1 cheval est à peu près le même que celui d'une batterie semblable. En effet, un élément Bunsen de $0^m,20$ de hauteur coûte environ 5 francs, ce qui fait 575 francs pour la batterie; une dynamo d'un cheval coûte de 500 à 625 francs. Pour des dynamos plus puissantes, le prix est relativement bien moins élevé; ainsi une machine Schuckert fournissant 14 lampes à arc et produisant 5600 watts en énergie utile ne coûte que 3250 francs. Une batterie équivalente comporterait 1400 éléments, coûtant 7000 francs, c'est-à-dire plus du double, et exigerait une superficie de 40 mètres carrés environ, tandis que la dynamo correspondante n'exige que

Digitized by Google

2 mètres carrés. La batterie exige 280 kilos d'acide sulfurique et 1050 kilos d'acide nitrique. (*Centralblatt für Elektrotechnik.*)

—

Le premier télégraphe électrique. — La première idée de transmettre des messages par l'électricité est due à un correspondant anonyme du *Scotts Magazine*, comme il ressort d'une lettre datée de Renfrew du 1er février 1753, signée C. M. et intitulée : Transport rapide de la pensée. Après de longues et pénibles recherches *sir David Brewster* découvrit que sous ces initiales se cachait le nom de Charles Morrison, de Greenock, qui fit ses études de chirurgien et dont la science était si étendue qu'il passait pour sorcier à Renfrew et qu'il trouva prudent de quitter cette ville pour aller s'établir en Virginie, où il mourut. Mr. Morrison envoya un compte rendu de ses expériences à *sir Hans Sloane*, président de la *Royal Society*, avec la recommandation de les publier sous l'anonyme indiqué plus haut. Sa méthode consistait à tendre horizontalement, un nombre de fils égal à celui des caractères de l'alphabet; ces fils étaient parallèles et distants entre eux d'environ un pouce (0m,025). Ils reposaient tous les 20 yards (18m,25) sur des supports en verre, et à chaque extrémité ils dépassaient le dernier support d'une longueur de 6 pouces (0m,15), et étaient assez forts et assez élastiques pour reprendre leur position primitive alors qu'ils avaient été amenés au contact de canons de fusil électrisés, placés verticalement et à un pouce (0m,025) au-dessous d'eux. Tout contre le dernier support était suspendue à chaque fil une balle située à 1/8 à 1/6 de pouce (3 à 4 millimètres) au-dessus d'une feuille de papier, ou de toute autre substance, assez légère pour être attirée par la balle électrisée, mais pas trop cependant, de manière à revenir d'elle-même à sa position primitive; sur cette feuille se trouvait une lettre de l'alphabet. Pour tenir une conversation, on abaissait l'extrémité libre du fil correspondant à la lettre voulue contre le canon de fusil électrisé situé au-dessous, et au même moment la feuille de papier de la lettre correspondante était attirée par la balle électrisée. Suivant une autre méthode, les lettres étaient remplacées par des cloches qui résonnaient sous l'influence de la décharge électrique. Enfin un troisième projet consistait à garder les fils constamment chargés, et le signal était donné par la décharge. Les expériences de Morrison ne se sont pas étendues sur plus de 40 yards (36m,60), mais il était convaincu de pouvoir porter bien au delà le rayon d'action, en isolant les fils avec soin (*Engineering*).

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4598. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

SUR LA TRACTION PAR ACCUMULATEURS

ESTIMATION DU PRIX DE REVIENT

Le prix de revient de la traction par accumulateurs ne pourrait être établi avec certitude que sur des comptes d'exploitation. En l'absence de tout document de cette nature, il faut dégager, par des calculs, les divers éléments de la dépense.

Les considérations théoriques développées dans un précédent article[1] nous ont préparés à ces opérations. D'autre part, nous avons en mains des renseignements pratiques dont on peut tirer bon parti.

Les *tableaux* publiés par le conseil d'administration de la *Compagnie générale des omnibus de Paris* pour l'exercice 1882[2] donnent des renseignements exacts, complets, récents, sur les conditions d'exploitation des tramcars, et sur le coût de la traction animale. Je donnerai à mes évaluations une base solide en les appuyant sur la statistique de cette exploitation modèle.

Étant connue la longueur moyenne d'une ligne de tramway, le parcours kilométrique moyen d'une voiture et son poids maximum, on peut calculer, avec une approximation suffisante, la quantité de travail fournie quotidiennement par les chevaux. On calculera ensuite la somme de travail qu'il faudrait dépenser *indirectement* pour faire le même service par piles secondaires.

Le poids d'accumulateurs à employer ressortira de ces estimations.

Les accumulateurs ne sont pas encore tarifés commercialement, mais leur prix peut être évalué assez juste; je majorerai mon estimation pour réserver le droit d'auteur et le bénéfice du fabricant.

Quant au taux d'amortissement des piles secondaires, il

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er septembre 1883.
[2] Imprimerie Renou, Maulde et Cock. Paris, 1883.

Digitized by Google

dépend nécessairement de leur durée totale et partielle, et du coût de leur réfection. On n'a pas là-dessus de données certaines; je ne pourrai donc autoriser mes chiffres que de ma compétence personnelle.

Lorsqu'on aura estimé le prix de la force motrice, le coût des machines, des accumulateurs, et le taux d'amortissement, on établira aisément le prix de revient de la traction par accumulateurs.

Ce prix sera rapproché de celui de la traction animale — et la conclusion de cet article ressortira d'elle-même.

La méthode imposée m'obligera à introduire dans mes calculs quelques estimations arbitraires; mais je m'armerai d'impartialité. Et ma foi hautement proclamée dans l'*accumulation voltaïque* ne fera pas fléchir mes évaluations.

I

La *Compagnie générale des omnibus de Paris* possède 15 lignes de tramways, ayant ensemble un développement de 86 689 mètres. La longueur moyenne d'une ligne est donc 5 779 mètres.

Le parcours journalier moyen d'une voiture est 91 841 mètres.

Je suppose que la voiture sur laquelle je calcule fait quotidiennement 8 *tours* (trajets doubles) de $5800 \times 2 = 11\,600$ mètres chacun; soit un trajet total de 92 800 mètres. J'attribue à cet itinéraire plus de dénivellation que n'en comporte moyennement une ligne ordinaire — et je répartis les pentes comme suit :

Palier	2000	mètres.	Vitesse	3	mètres.
Rampe de 5/1000	1200	—	—	3	—
— 10/1000	1100	—	—	3	—
— 15/1000	1000	—	—	2,5	—
— 20/1000	500	—	—	2	—
— 25/1000	400	—	—	1,5	—
— 30/1000	300	—	—	1,5	—
— 35/1000	200	—	—	1	—
— 40/1000	100	—	—	1	—
Descente de 40/1000	100	—	—	3	—
— 35/1000	200	—	—	3	—
— 30/1000	300	—	—	3	—
— 25/1000	400	—	—	3	—
— 20/1000	500	—	—	3	—
— 15/1000	1000	—	—	3	—
— 10/1000	1100	—	—	3	—
— 5/1000	1200	—	—	3	—
Total	11,600	mètres.			

Digitized by Google

Cette route comporterait 36 démarrages (et autant d'arrêts), qu'on peut répartir ainsi :

			Mètres.
29	démarrages	à la vitesse de	3
3	—	—	2,50
1	—	—	2
3	—	—	1,50

Un grand tramcar *complet* pèse au maximum :

	Kilogrammes.
Voiture	3400
50 personnes	3400
TOTAL	6800

En calculant, par les formules données, la quantité de travail dépensé pour remorquer le tramcar pendant un tour complet, on trouve :

		Kilogrammètres.
Roulement : $6800 \times 0{,}01 \times 11\,600$		= 788 800
Travaux d'élévation : 6800×72		= 489 600
Démarrages : 29 à 3 mètres	90 567	
— 3 à 2,5 —	6 506	= 100 803
— 1 à 2 —	1 388	
— 3 à 1,50 —	2 342	
TOTAL		1 379 203

Sur lesquels on récupère, dans les descentes de 5 et 10 millimètres, les travaux d'élévation affectés aux rampes correspondantes, soit :

$$6800 \times 17 = 115\,600 \text{ kgm.}$$

Dans les descentes plus fortes, on n'utilise qu'une partie de la chute correspondant à 10/1000; soit, dans l'ensemble des pentes :

$$6800 \times 25 = 170\,000 \text{ kgm.}$$

La dépense nette de travail est donc :

$$1\,379\,203 - (115\,600 + 170\,000) = 1\,093\,603 \text{ kgm.}$$

ou 4,05 chevaux-heure[1].

II

Dans la traction par accumulateurs, il faut d'abord tenir

[1] Le temps de traction par tour étant de soixante-quinze minutes (non compris les stationnements et les arrêts), le régime *moyen* du travail fourni, pendant la marche, par les chevaux d'attelage et de côte serait 5,25 chevaux-heure.

Digitized by Google

compte du supplément de travail exigé par le poids additionnel de l'appareil électrique. Avec les batteries actuelles, le poids de la locomotive serait environ la moitié du poids à remorquer; soit 3400 kilogrammes. Par conséquent, nos travaux sont majorés de moitié, et deviennent :

	Kilogrammètres.
Roulement	1 183 200
Travaux d'élévation	754 400
— de démarrage	151 204
Total	2 068 804

Sur lesquels on récupérera :

Mécaniquement : 0,9 des travaux élévateurs correspondant aux rampes de 5 à 10 millim. :

$$173\,400 \times 0{,}9 = 156\,060 \text{ kgm.};$$

Électriquement : 0,3 des travaux élévateurs restants (561 000 kgm.) et des puissances vives (151 204 kgm.) :

$$(561\,000 + 151\,204) \times 0{,}3 = 213\,661 \text{ kgm.}$$

Il reste donc à dépenser net : $2\,068\,804 - (156\,060 + 213\,661) = 1\,699\,083$ kgm., ou 6,29 chevaux-heure.

III

Pour obtenir le chiffre du *travail à dépenser pour charger les accumulateurs*, il faut diviser le chiffre du *travail utilisé* par les trois coefficients de transformation qui sont :

a. Transformation du travail mécanique de la machine à vapeur en énergie électrique dans les accumulateurs. Si l'on évite de surcharger, on peut, avec une installation bien étudiée, obtenir $a = 0{,}8$.

b. Transformation de l'énergie électrique des accumulateurs en travail mécanique sur l'arbre de la dynamo. Dans une installation fixe fonctionnant à bon régime, le rendement peut atteindre 0,75; mais sur le tramcar, les exigences du service priment le rendement. J'estime qu'en usant des artifices physiques précédemment décrits, la valeur de *b* ne descendra pas au-dessous de 0,55.

Digitized by Google

c. Transmission aux roues motrices du travail de la dynamo. On a estimé $c = 0{,}9$.

Le produit $a \times b \times c = 0{,}406$.

Ainsi, notre mécanisme n'utilisera que 40 pour 100 du travail produit par le moteur de l'usine. La force motrice à dépenser, pour *un tour*, sera donc :

$$\frac{6{,}29}{0{,}4} = 15{,}72 \text{ chevaux-heure.}$$

Et pour les 8 tours comprenant l'itinéraire d'une journée de voiture :

$$15{,}72 \times 8 = 125{,}76 \text{ chevaux-heure}^{1}.$$

Évaluons à $0^{fr},08$ le coût du cheval-heure à l'usine, en comprenant dans ce prix l'intérêt, l'entretien et l'amortissement de la machinerie et des dynamos-chargeuses (l'usine fonctionnerait 20 heures sur 24).

Le coût de la force motrice sera :

$$125{,}76 \times 0^{fr},08 = 10^{fr},06$$

IV

Les accumulateurs livrent $15{,}72 \times 0{,}8 = 12{,}58$ chevaux-heure électriques par tour.

Cette quantité d'énergie peut être aisément emmagasinée dans moins de 800 kilos d'accumulateurs Faure-Sellon-Wolckmar des modèles actuels; mais le *débit* d'une batterie de ce poids serait insuffisant, car le régime de travail s'élève, à certains moments, au régime de dix chevaux-vapeur. Donc, je doublerai le poids de la batterie, qui sera ainsi capable de travailler pendant deux tours.

Le poids de la locomotive électrique serait à peu près réparti comme suit :

[1] Le travail fourni par les chevaux pour une journée de voiture serait $4{,}05 \times 8 = 32{,}4$ chevaux-heure; l'usine dépense donc quatre fois plus de force que les chevaux pour accomplir le même travail utile.

Digitized by Google

	Kilogrammes.
Accumulateurs	1600
Moteur électrique Siemens D2 *renforcé*	250
Transmission, etc.	500
Outils	50
Commutateurs, rhéostats, galvanomètres, etc.	60
Truck roulant	1140
TOTAL	3400

La recharge des accumulateurs pouvant être effectuée en moins de 5 heures, chaque batterie pourra subir au moins deux charges et décharges par journée, et le service sera largement assuré avec deux locomotives par voiture.

En estimant les accumulateurs à 1000 francs la tonne (prix qui laisse une marge suffisante pour droits d'auteur et bénéfice), la valeur approximative de chaque locomotive serait :

	Francs.
Accumulateurs, 1600 kilogrammes	1600
Dynamo Siemens D2 modifiée et renforcée	2500
Commutateurs, rhéostats, galvanomètres, etc.	500
Mécanisme de transmission et montage	500
Truck et freins	1400
TOTAL	6500

La partie électrique de la locomotive serait amortie à 25 pour 100; le reste à 20 pour 100.

On manque de données pratiques pour établir le taux d'amortissement des accumulateurs; pourtant on sait que le récipient et les lames négatives peuvent durer beaucoup plus d'un an, et que les réfections à faire subir dans l'année aux plaques positives seront largement payées par la valeur des appareils réformés. Je crois donc compter largement en amortissant la batterie à raison de *cent pour cent*.

L'amortissement annuel d'une locomotive comporterait ainsi :

	Francs.
100 pour 100 sur 1600 francs d'accumulateurs	1600
25 pour 100 sur 3000 francs d'appareils électriques	750
20 pour 100 sur 1900 francs de truck et mécanique	380
TOTAL	2730

Et pour les deux locomotives d'une voiture : $2\,730 \times 2 =$ 5460 francs.

Soit 15fr,60 par voiture et par jour, en supposant 15 journées de chômage par an.

Digitized by Google

V

En résumé, la traction par accumulateurs, pour une journée de tramcar faisant 8 tours sur une ligne de 5800 mètres (en tout 92 800 mètres) coûterait approximativement :

	Francs.
Force motrice à l'usine, 125,76 chevaux-heure à 0fr,08	10,06
Entretien et amortissement journaliers des locomotives et accumulateurs	15,60
Graissage[1]	5
Manutention des locomotives[1]	5
Part de loyer afférente à 2 locomotives[1]	4
TOTAL	39,66

D'autre part, les *tableaux* de la *Compagnie générale des omnibus de Paris* nous apprennent que la traction par chevaux a coûté en 1882, pour chaque journée de voiture :

	Francs.
Loyer des dépôts	11,2073
Solde des chefs de dépôts	0,3900
Solde des piqueurs	0,3711
Service vétérinaire, infirmerie et médicaments	0,4502
Solde des palefreniers	4,5698
Solde des relayeurs et côtiers, employés divers	2,4842
Achat d'eau	0,2284
Nourriture des chevaux	35,3549
Renouvellement des chevaux	4,5279
Ferrage de chevaux	1,8037
Chevaux au labour	1,1615
Entretien du mobilier, des dépôts et des brosseuses	0,5883
	63,3423
Entretien et renouvellement des harnais	1,70
TOTAL	65,0423[2]

On peut faire la comparaison des deux prix sous une forme plus générale en disant que :

La dépense par cheval-heure utilisé est de :

$$\frac{39^{fr},66}{32,4} = 1^{fr},224 \text{ avec les accumulateurs.}$$

[1] Ce chiffre, estimé approximativement par comparaison avec des cas analogues, ne pourra être exactement fixé que par des comptes d'exploitation.

[2] Le nombre moyen de chevaux par voiture, y compris ceux d'infirmerie, de labour, de corvée et d'inspection, est, pour chaque journée de tramcar, de $14\frac{19}{100}$. La dépense journalière de chaque cheval, *y compris son amortissement et tous les frais accessoires*, ressort donc à 4fr,58; prix très modéré, qui témoigne de la vigilance de l'exploitation.

Digitized by Google

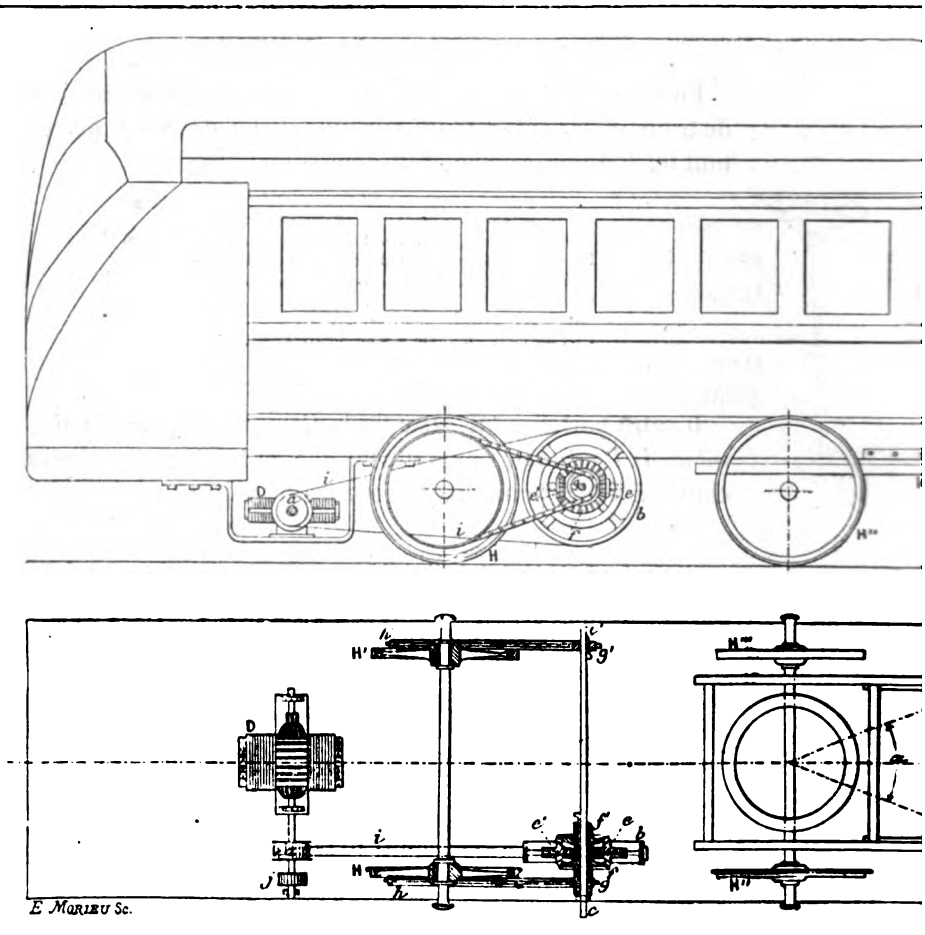


Fig. 1. — *Élévation et plan du tramcar électrique.*

Fig. 1. — D, moteur électrique. C'est une dynamo Siemens, modèle D^s, à électros insérés et à changement de marche, pesant 240 kilogrammes. — *a*, poulie à joues calée sur l'arbre du moteur électrique. — *b*, poulie du train différentiel; elle est folle sur l'arbre *c,c'*. — *c.c'*, arbre de renvoi. — *e,e'*, pignons d'angle symétriques, pouvant tourner librement sur deux axes fixés selon un diamètre de la poulie *b*, qui les emporte dans un mouvement de translation circulaire autour de son centre. — *f*, roue d'angle, folle sur l'arbre *c,c'*. — *g*, pignon fixé sur la douille de la roue *f*, et commandant la roue motrice H, au moyen d'une chaîne de Gallo. — *f'*, roue d'angle calée sur l'arbre *c,c'*. — *g*, pignon calé sur l'arbre *c,c'*, et commandant la roue motrice H', au moyen d'une chaîne de Gallo. — H, roue motrice du véhicule, calée sur l'essieu. La roue H est à boudin. — H', roue motrice du véhicule, folle sur l'essieu. La roue H' est sans boudin. — *i*, courroie transmettant le mouvement de la dynamo à la poulie *b* du train différentiel. — *j'*, poulie sur laquelle agit un frein pour modérer la vitesse du véhicule pendant les descentes. — H'', roue à boudin, calée sur l'essieu de l'avant-train. — H''', roue sans boudin, folle sur l'essieu de l'avant-train. — K, avant-train mobile. — *l*, secteur denté

Digitized by Google

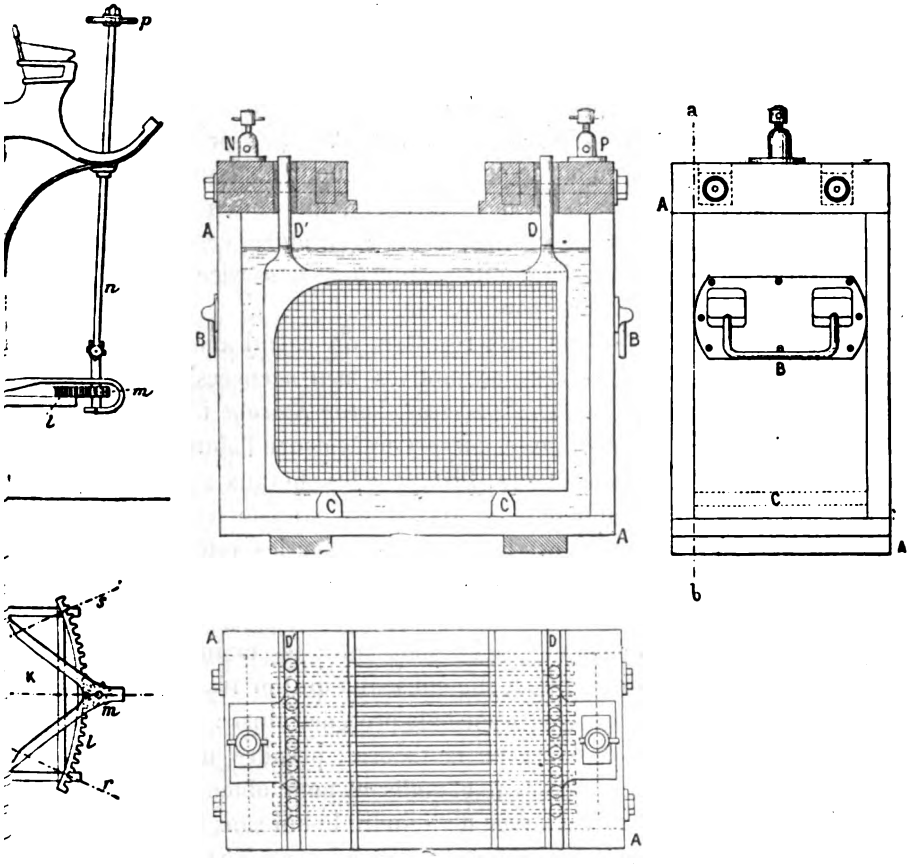


Fig. 2. — *Accumulateur Faure-Sellon. — Volckmar.*

horizontal, fixé à la charpente de l'avant-train. — *m*, pignon vertical commandant le secteur denté *l*. — *n*, arbre du pignon *m*. — *p*, volant horizontal calée sur l'arbre *n* — En tournant ce volant dans un sens ou dans l'autre, le pilote fait pivoter à droite ou à gauche l'avant-train mobile, pour diriger le véhicule. — Les *accumulateurs*, non indiqués sur les figures, sont logés sous les banquettes de la voiture. Il y en a 80, pesant 30 kilogrammes chacun, en tout 2400 kilogrammes.

Fig. 2. — Modèle de 30 kilogrammes. — Coupe longitudinale, vue latérale et plan. — A,A, récipient. — B,B, poignées. — C,C, tasseaux. — D, huit électrodes positives composées chacune d'une plaque de plomb fondue à jours, dont les cellules sont remplies de peroxyde de plomb. — D', neuf électrodes négatives composées chacune d'une plaque de plomb fondue à jours, dont les cellules sont remplies de plomb réduit. — P, borne positive, en communication avec les huit plaques positives. — N, borne négative, en communication avec les neuf plaques négatives.

Digitized by Google

$$\frac{65^{fr},0423}{32,4} = 2^{fr},007 \text{ avec les chevaux.}$$

L'économie en faveur de la traction par accumulateurs serait de 39 pour 100.

Encore doit-on considérer que les progrès de l'art promettent d'importantes et prochaines réductions sur le poids et le prix des accumulateurs, tandis qu'on ne peut espérer aucun abaissement sur les prix des chevaux et des fourrages, qui sont en hausse continue. La locomotive électrique offre, en outre, certains avantages spéciaux : élasticité plus grande dans le service, exploitation d'une plate-forme disponible, etc.

Il faudrait maintenant donner aux résultats du calcul une *sanction expérimentale*, avec des locomotives bien agencées. Le tramcar présenté par la *French Electrical Power Storage C°* est impropre à cette démonstration, car il met en évidence l'abus plutôt que l'usage des accumulateurs. Distancer les chevaux au moyen d'une batterie formidable, et gravir, en vitesse, des rampes de 42/1000, voilà qui est bon pour étonner les intéressés; le moment est venu de les convaincre en leur démontrant que le système est sûr, durable, économique.

Les éléments du succès sont dès maintenant entre les mains de la F. E. P. S.; elle réussira vite si elle consent à quitter résolument les errements du passé, et désormais procéder ainsi :

Se conformer aux prescriptions de la théorie; prendre un poids d'accumulateurs juste nécessaire et suffisant pour obtenir ce que donnent les chevaux; s'efforcer d'atteindre le but sans le dépasser — en un mot, s'appliquer à faire des choses utiles plutôt que des choses étonnantes. ÉMILE REYNIER.

P. S. — Dans mon premier article sur la traction par accumulateurs, j'ai dû passer rapidement sur la description des appareils, pour ne pas rompre la chaîne de mon raisonnement. Je complète aujourd'hui cette étude en donnant, avec des légendes explicatives (pages 248 et 249), les dessins de l'accumulateur Faure-Sellon-Volckmar, et du tramcar ayant servi aux expériences dont il a été question dans mon travail. E. R.

Digitized by Google

SUR UN POINT FONDAMENTAL DE THÉORIE

SECONDE RÉPONSE DE M. CABANELLAS A M. CORNU

Le dernier numéro de l'*Electricien* insère *une seconde et dernière réponse de M. Cornu* plus tardive encore que la première, puisqu'elle s'est fait attendre deux mois et demi. Je réponds *immédiatement* comme d'habitude et je le fais ici en très peu de mots, M. Hospitalier m'ayant fait savoir qu'il ne m'accordait dans son journal que la place strictement légale. M. Cornu, ne trouvant rien à opposer à mon article de fond très explicite de l'*Electricien* du 15 juin, n'a pu que se borner à l'emploi de procédés dont je lui ai signalé le danger, procédés qui risquent de faire croire, à tort sans doute, qu'il voudrait essayer de donner le change, en faisant attribuer à des malentendus de notation ce qu'il appelle des divergences d'opinion qui sont, de sa part, des erreurs mécaniques absolument caractérisées[1]. M. Cornu dit que je reproche à son rapport de ne point expliquer le déficit, j'ai reproché *d'oublier* le déficit, c'est beaucoup plus grave. Il est non moins inexact de dire que j'élimine le déficit par une définition appropriée de la force électromotrice, le contraire est la vérité, puisque, loin d'éliminer le déficit, j'ai montré par la formule

$$EI = I^2 (R + \rho + r) + eI + g (D + d),$$

que le travail des deux déficits est comblé, et fourni par une

[1] Il n'y a de notre côté, ni confusion de symboles ni pétition de principes : Après avoir commis une petite erreur de signe dans la soustraction membre à membre des équations marquées (β) et (γ) dans sa note au bas de la page, M. Cornu arrive à $0 = \varepsilon I + gd$ au lieu de $0 = \varepsilon I - gd$ qui serait le résultat vrai et il en conclut que la définition $e = \varepsilon + \varepsilon'$ adoptée par le rapport n'amène à aucune conclusion absurde, mais il ne fait pas attention que cela est tout naturel parce qu'il fait avec nous $e = \varepsilon'$, c'est-à-dire qu'il admet notre définition au lieu de celle du rapport. Il en résulte qu'avec la définition du rapport il arriverait à $0 = gd$, preuve rigoureuse, par l'absurde, que la définition du rapport n'est pas permise. Certainement M. Cornu aurait bien le droit de poser $e = \varepsilon + \varepsilon'$ mais ce serait une satisfaction stérile car la quantité e étant alors absolument déterminée par cette définition, il ne serait plus possible d'en faire la force électromotrice du récepteur qui est elle-même une réalité absolument définie et déterminée en dehors de toute volonté et de toute autre convention quelconque.

Digitized by Google

partie de l'unique travail électrique moteur EI de la source. Certes, j'affirme que le déficit des machines de toute nature est toujours fourni par le travail moteur et je n'hésite pas à proclamer qu'en apparence comme en réalité le principe de la conservation de l'énergie est partout et toujours rigoureusement satisfait. M. Cornu a été conduit au doute à propos d'électricité, parce que, comparant deux travaux électro-mécaniques afférents à deux forces électromotrices en action sur un même débit électrique, il a constaté que le rapport de ces forces électriques de réception et d'émission était plus grand que le rapport de leurs travaux ; mais là réside précisément la faute capitale de M. Cornu. La philosophie lui commandait de voir seulement dans cette constatation la preuve qu'il avait mal calculé les forces électriques, et jamais il n'aurait dû laisser ébranler sa foi au principe le plus général et le mieux établi de toute la mécanique.

GUSTAVE CABANELLAS.

NOTE SUR L'EMPLOI

DU GALVANOMÈTRE DE TORSION

AVEC BOITE DE RÉSISTANCES

DE MM. SIEMENS ET HALSKE

Le galvanomètre de torsion est peu répandu en France comme instrument de mesure; on lui préfère généralement des appareils à indications plus rapides. Ces instruments sont assurément commodes dans les épreuves industrielles courantes, mais ils ne se prêtent pas aux observations demandant une certaine précision; ceux qui sont, comme la plupart d'entre eux, directement gradués en unités pratiques exigent d'ailleurs de fréquentes regraduations, à défaut desquelles leurs indications sont difficilement comparables entre elles, même à d'assez courts intervalles de temps.

L'emploi de cet appareil comme instrument de précision est au contraire presque exclusif en Allemagne; aussi est-il constamment cité comme ayant fourni les mesures dans les tra-

Digitized by Google

vaux dont nous avons donné à diverses reprises dans ce journal la traduction ou l'analyse.

Objet et disposition de l'instrument. — Le galvanomètre de torsion ne sert directement qu'à la mesure des *différences de potentiels*, notamment dans les circuits de machines, et c'est à ce point de vue qu'il a été déjà sommairement décrit par M. E. Hospitalier dans la *Lumière électrique* (n° du 1er octobre 1880). Il se prête cependant indirectement, comme nous le verrons tout à l'heure, à la détermination des *intensités de courants*, des *résistances* et des *forces électromotrices*.

Cet instrument est un simple galvanomètre dont l'aimant est suspendu à un ressort à boudin ; l'action exercée sur l'aimant par le courant qui tend à le faire tourner est compensée par celle du ressort à spirale qui le sollicite en sens contraire. *L'angle de torsion* du ressort est *proportionnel à l'intensité du courant* qui traverse le galvanomètre, ainsi qu'*à la différence de potentiel aux bornes du galvanomètre*, la résistance de ce dernier ayant une valeur constante.

La sensibilité de l'instrument dépend directement de l'intensité d'aimantation de l'aiguille. Afin d'en assurer la constance, les constructeurs ont adopté pour aiguille, comme dans leur galvanomètre apériodique à miroir, l'*aimant en forme de cloche* (Glockenmagnet) imaginé par le docteur Werner Siemens. Cet aimant a la forme d'un dé à coudre fendu longitudinalement suivant deux génératrices opposées, l'ouverture placée à la partie inférieure ; les deux pôles se trouvent à cette extrémité, tandis que la partie supérieure, en forme de coupe renversée, est magnétiquement neutre. Le magnétisme libre des pôles a sensiblement la même intensité que celui d'un barreau aimanté de longueur double de celle de l'aimant en forme de cloche ; son moment d'inertie est par contre beaucoup moindre. La concentration magnétique opérée par le rapprochement des deux surfaces polaires opposées l'une à l'autre restreint sans doute l'action extérieure du magnétisme, mais elle empêche en même temps l'affaiblissement d'aimantation que présentent toujours avec le temps les autres aimants. Le soin apporté d'ailleurs à la construction de l'appareil contribue dans une large mesure à la fidélité de ses indications.

Digitized by Google

Ce galvanomètre est établi en deux types différents, l'un *vertical*, c'est le type primitif, l'autre *horizontal*, de construction plus récente.

Dans le type *vertical*, l'aimant est suspendu à un fil de cocon et tourne autour d'un axe vertical ; dans le type *horizontal*, il se meut autour d'un axe horizontal monté sur des couteaux.

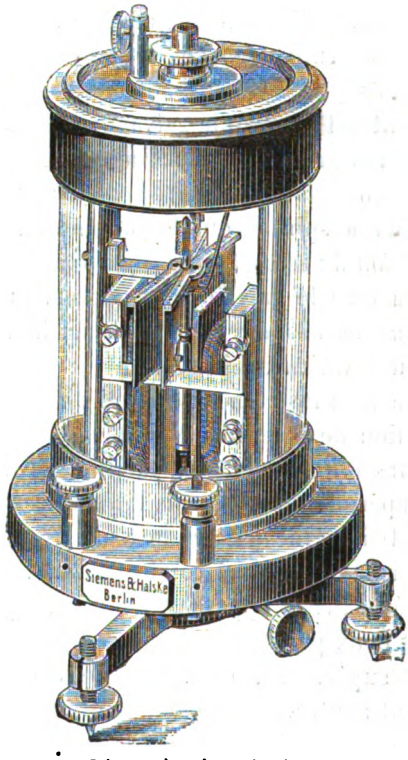


Fig. 1. — Galvanomètre de torsion (type vertical).

La construction *horizontale* offre l'avantage de ne pas présenter d'organes délicats et de laisser l'aiguille à peu près indifférente aux secousses accidentelles ; la construction *verticale* donne à l'instrument une sensibilité beaucoup plus grande, et, si le fil de cocon est plus susceptible de se briser, son remplacement est par contre très facile.

Les deux types comportent des *paravents* disposés latérale-

Digitized by Google

ment à l'aiguille et qui lui permettent de revenir au repos au bout de quatre oscillations environ.

Les aimants se meuvent entre deux bobines traversées par le courant sur lequel on veut opérer ; chacune d'elles est formée de deux enroulements, l'un de faible résistance pour les *courants de grande intensité*, l'autre plus résistant pour les *faibles courants*.

Les relations entre les différents organes de l'instrument sont calculées de telle sorte que, pour le courant minimum en vue duquel il est construit et pour un angle de torsion de 50 degrés, l'introduction du galvanomètre de torsion avec boîte de résistances (fig. 3) entre deux points du circuit principal fait varier

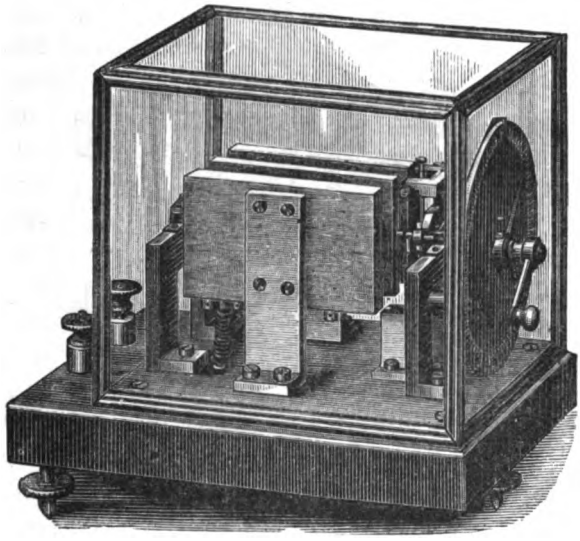


Fig. 2. — Galvanomètre de torsion (type horizontal).

de 1 pour 100 seulement la différence de potentiel entre ces deux points ; pour des intensités supérieures à ce courant minimum, cette influence est encore moindre.

Tout le système est préservé contre l'agitation de l'air par une cage en verre sur l'une des faces de laquelle est gravé un cadran gradué en degrés ordinaires du cercle. Une aiguille légère fixée à l'aimant se meut derrière le cadran dans un champ

Digitized by Google

limité voisin du zéro de la graduation. Une autre aiguille reliée au ressort à spirale et mobile également sous le cadran peut être tournée à la main, à l'aide d'une vis molletée; elle permet de mesurer l'angle de torsion qui fait équilibre à la déviation de l'aimant, produite par l'action du courant.

L'appareil est monté sur un socle en bois supporté lui-même par un pied métallique à trois vis calantes qui en facilitent le réglage.

Dans le modèle vertical le socle en bois est traversé par une vis horizontale qui permet de soulever l'aimant et de soulager ainsi le fil de cocon et le ressort auxquels il est suspendu. Une

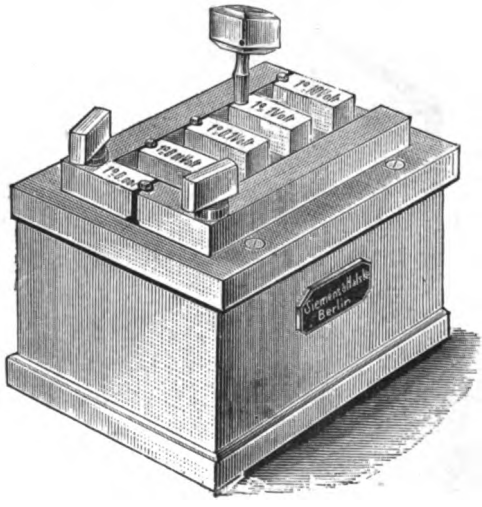


Fig. 3. — Boîte de résistances.

seconde vis fixe à volonté le système au support en bronze muni des trois vis calantes, ou le laisse libre de se mouvoir autour de son axe vertical.

Pour mesurer la différence de potentiel entre deux points *a* et *b* d'un circuit, on dispose, en tension l'un sur l'autre et en dérivation sur le conducteur principal reliant les points *a*, *b*, le galvanomètre de torsion et la boîte de résistances accessoire (fig. 4). Cette dernière permet de faire varier la sensibilité de l'appareil, suivant la mesure à prendre, par l'introduction d'une

Digitized by Google

résistance convenable; le degré de sensibilité correspondant à chacune des chevilles est d'ailleurs indiqué sur la boîte. Si l'intensité du courant dans le circuit principal n'a pas une valeur inférieure au minimum que comporte la construction du galvanomètre, les rapports des résistances sont tels que le courant qui traverse l'instrument et la boîte de résistances ne représente qu'une *fraction négligeable* du courant circulant dans le circuit principal.

Ce mode d'emploi du galvanomètre de torsion, en dérivation sur le circuit principal, permet de ne pas l'installer dans la chambre même des machines, mais bien dans une pièce voisine ou même encore à une plus grande distance, et de le soustraire ainsi à leur influence perturbatrice directe. Si l'on a par exemple à mesurer successivement une série de différences de potentiels, comme dans une installation électrolytique de quelque importance, on amène de tous les points du circuit principal, auxquels les mesures doivent être prises, des conducteurs aboutissant à la salle d'expérience où est installé le galvanomètre et l'on dispose un commutateur de manière à pouvoir par un simple jeu de chevilles se relier aux divers points du circuit.

Il est *prudent*, pour chaque mesure à prendre, d'opérer progressivement en enlevant d'abord de la boîte de résistances la cheville correspondant à *la moindre sensibilité* de l'instrument, puis en passant à la sensibilité immédiatement supérieure, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'on arrive à celle qui fournit l'angle de torsion le plus convenable.

Une trop grande sensibilité pour un cas donné risque de détériorer l'appareil en le laissant traverser par un courant trop intense.

Réglage. — Table de corrections. — L'instrument est étalonné d'après la *quantité d'argent* que précipite un *courant de 1 ampère* dans un voltamètre; on sait que ce courant précipite 3,96 *grammes d'argent à l'heure*. La différence de potentiel est d'ailleurs définie par la relation

$$1 \text{ volt} = 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ ohm};$$

pour 1 ohm, on admet que

$$1 \text{ ohm} = 1{,}0615 \text{ unités Siemens.}$$

Digitized by Google

Les galvanomètres de torsion sont ajustés de telle sorte que l'angle de torsion est à peu près équivalent à la différence de potentiel exprimée en volts, abstraction faite de la virgule. Mais, comme il n'est pas facile d'obtenir ainsi un réglage tout à fait exact, comme d'ailleurs la force exercée par le ressort à spirale n'est pas absolument proportionnelle à l'angle de torsion, chaque appareil doit être accompagné d'une *table de corrections*, disposée en la forme ci-dessous et qui permet de déterminer avec plus de précision la valeur en volts de la différence de potentiel.

TABLE DE CORRECTIONS POUR LE GALVANOMÈTRE DE TORSION N° 0

(Corrections pour convertir en volts, abstraction faite de la virgule, les indications de l'appareil.)

DEGRÉS.	CORRECTION.	DEGRÉS.	CORRECTION	DEGRÉS.	CORRECTION.	DEGRÉS.	CORRECTION.
0°		100°		200°		300°	
25°		125°		225°		325°	
50°		150°		250°		350°	
75°		175°		275°			

Supposons par exemple que la lecture de l'angle de torsion donne 68°,5, et que, pour l'angle le plus voisin dans la table (75 degrés), la correction indiquée soit — 0,7, la sensibilité de l'appareil étant d'ailleurs réglée à 1 degré = 0,1 volt; la différence de potentiel cherchée est alors :

$$0{,}1\,(68{,}5 - 0{,}7) = 6{,}78 \text{ volts.}$$

Sauf de très légères altérations dans le cours d'une année, des avaries matérielles ou le passage de courants trop intenses dans le galvanomètre peuvent seuls en compromettre le réglage.

Mise en œuvre. — On installe l'instrument sur un appui solide, à quelque distance de la machine et des conducteurs du circuit principal.

Le galvanomètre *vertical* est disposé de telle sorte que le pôle de l'aimant marqué N soit à peu près tourné vers le nord. On desserre alors la vis destinée à soulager le ressort à spirale dans les transports, et, à l'aide des trois vis calantes, on ajuste

Digitized by Google

l'aimant de façon à ce qu'il se meuve bien librement au milieu de l'espace qui lui est réservé; une pointe fixée à l'extrémité inférieure de cet aimant sert de point de repère; elle doit tomber à 1/2 millimètre environ au-dessus du point d'intersection de deux fils disposés en croix à l'intérieur de l'appareil. Au moyen de la grosse vis molletée située à la partie supérieure de l'instrument, on amène alors l'indicateur de torsion au-dessous du zéro du plateau de verre; puis on desserre la vis fixant l'appareil au pied en bronze et l'on tourne le socle en bois jusqu'à ce que l'index fixé à l'aimant coïncide aussi avec le zéro ou oscille régulièrement à droite et à gauche de ce point.

Pour le galvanomètre *horizontal*, on le dispose de telle sorte que l'axe, mobile sur des couteaux et auquel est fixé l'aimant, soit sensiblement dans le plan du méridien. On desserre alors la vis d'arrêt pénétrant dans le socle, et, à l'aide des trois vis calantes, on amène l'index fixé à l'aimant sur le zéro, tandis que l'indicateur de torsion est aussi au zéro.

Pour se servir de l'instrument ainsi mis au zéro, on fait les connexions des conducteurs de telle sorte que *l'index de l'aimant* soit *entraîné vers la droite* par le passage du courant; on tourne alors l'indicateur de torsion jusqu'à ramener au zéro l'index de l'aimant, et on lit l'angle de torsion ainsi obtenu.

Mesures fournies par l'instrument. — 1° *Différences de potentiels.* — Comme nous l'avons déjà indiqué plus haut, pour mesurer une différence de potentiel on n'a qu'à relier les conducteurs partant du galvanomètre et de la boîte de résis-

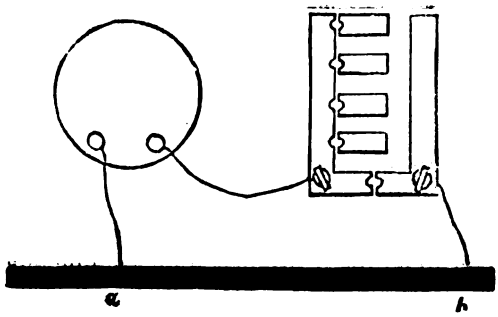


Fig. 4. — Disposition pour la mesure des différences de potentiels.

Digitized by Google

tances réunis en tension aux deux points entre lesquels on veut déterminer la différence de potentiel.

2° *Force électromotrice* (E). — Pour effectuer cette détermination, on commence par relever la différence de potentiel (P) aux bornes de la machine dont on cherche la force électromotrice; puis on y ajoute ou on en retranche, suivant que la machine est actionnée par un moteur ou par un courant, le produit IR (intensité du courant par résistance de la machine) :

$$E = P \pm IR.$$

Il est nécessaire de connaître ici la résistance de la machine. Quant à l'intensité du courant, elle se détermine de la manière suivante :

3° *Intensité de courant.* — Pour mesurer l'intensité du courant dans un circuit, on mesure la différence de potentiels en volts aux extrémités d'une résistance connue introduite dans le circuit, et on la divise par la valeur de cette résistance en ohms; le quotient donne l'intensité du courant en ampères.

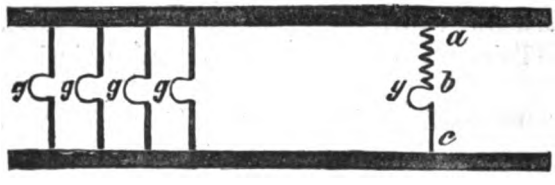


Fig. 5. — Disposition relative aux mesures à prendre pour les lampes à incandescence.

Une *boîte de résistance* de $^1/_4$ d'ohm spécialement construite pour les *courants de machines* est ce qui convient le mieux pour cette détermination.

4° *Résistance.* — On peut, à l'aide du galvanomètre de torsion, déterminer la résistance d'un conducteur quelconque parcouru par un courant, quand il ne surgit dans ce conducteur aucune force électromotrice, comme dans le cas des fils et des lampes à incandescence; mais, quand une force électromotrice prend naissance dans un conducteur, on n'obtient ainsi que la *résistance apparente*, c'est-à-dire la résistance qui, substi-

Digitized by Google

tuée à ce conducteur, le remplacerait sans rien modifier au circuit. Cette résistance est celle que l'on rencontre en général dans les *cuves de décomposition* électrolytique, dans les *machines* actionnées par un courant, et peut-être aussi dans l'*arc voltaïque*. Elle dépend de l'intensité du courant, tandis que la résistance vraie d'un conducteur en est indépendante.

On obtient en ohms la *résistance, apparente* bien entendu, d'un conducteur en mesurant la *différence de potentiel* en volts *à ses deux extrémités* et l'*intensité du courant* en ampères dans le circuit, puis en divisant *la première par la seconde*. Si l'on mesure une fois pour toutes l'intensité du courant ainsi que la différence de potentiel aux extrémités d'un conducteur d'un ohm de résistance, on n'a qu'à *diviser la différence de potentiel trouvée entre les deux extrémités du conducteur en expérience par celle qui correspond à la résistance d'un ohm.*

5° *Travail.* — Le travail W, fourni ou absorbé par un courant électrique entre deux points quelconques d'un circuit, se détermine par la mesure de la différence de potentiel (E) en volts entre ces deux points, et celle de l'intensité I du courant en ampères. On a alors pour la valeur du travail :

$$W = c\,EI,$$

expression dans laquelle $c = 0{,}00136$ ou $c = 0{,}102$, suivant que W doit être exprimé en chevaux-vapeur, ou en kilogrammètres par seconde.

GALVANOMÈTRE DE TORSION POUR COURANTS INTENSES. — L'instrument (vertical ou horizontal) construit pour ces courants possède une résistance (en cuivre) d'un ohm ; il est applicable aux courants d'au moins 5 ampères. Il est accompagné d'une boîte de résistances à 3 divisions dont les valeurs sont respectivement de 9, 99, et 999 ohms, et d'une boîte de résistances à 4 divisions de 9, 99, 999 et 9999 ohms (en maillechort). Le tableau ci-dessous donne les sensibilités correspondantes à l'introduction de ces diverses résistances :

Digitized by Google

RÉSISTANCE INTRODUITE.	SENSIBILITÉ.	LIMITE SUPÉRIEURE DES INDICATIONS.
0 ohm.	1° = 0,001 volt.	0,17 volt.
9 —	1° = 0,01 —	1,7 —
99 —	1° = 0,1 —	17 —
999 —	1° = 1 —	170 —
9.99 —	1° = 10 —	1709 —

On peut ainsi prendre presque toutes les mesures relatives aux machines électriques qui fournissent généralement des courants supérieurs à 5 ampères.

L'appareil bien employé est même applicable à des courants plus faibles. Supposons par exemple que, une machine alimentant un certain nombre de *lampes à incandescence g* (fig. 5), on veuille prendre des mesures sur l'une d'entre elles. Dans ce cas, on intercale en avant de la lampe en question une résistance connue *ab*, un ohm par exemple, et l'on mesure la différence de potentiel entre *a* et *c* avec la sensibilité 1 degré = 1 volt. Puis on applique en *ab* le galvanomètre de torsion muni de sa boîte de résistances, et, avec la sensibilité 1 degré = 0,01 volt, on mesure la différence de potentiel entre *a* et *b*. La différence de potentiel en *ab* sans instrument interposé est alors donnée par un simple calcul; il suffit de multiplier la résistance *ab* par la différence de potentiel mesurée entre *a* et *b*, et de diviser le produit par la résistance entre *a* et *b* avec instrument intercalé. Si, par exemple, la résistance *ab* seule = 1 ohm, la résistance résultant de la présence de l'appareil $= \frac{1 \times 10}{1 + 10} = 0{,}909$ ohm; il suffit en conséquence de multiplier par $\frac{1}{0{,}909} = 1{,}1$ la différence de potentiel mesurée.

On détermine ensuite la différence de potentiel entre *b* et *c*, non pas directement, mais en retranchant celle mesurée en dernier lieu (*ab*) de celle (*ac*) mesurée tout d'abord. La détermination des différences de potentiels (*ab*) et (*bc*) une fois faite, on peut calculer, comme nous l'avons indiqué ci-dessus, l'intensité du courant, la résistance et le travail de la lampe à incandescence.

Digitized by Google

GALVANOMÈTRE DE TORSION POUR COURANTS FAIBLES. — L'instrument, vertical ou horizontal, possède une résistance (en cuivre) de 100 ohms; il est spécialement applicable aux courants d'au moins 0,5 ampère et sert notamment à la détermination des mesures relatives aux lampes à incandescence. Il comporte une boîte de résistances (en maillechort) à deux divisions ayant respectivement 900 et 9900 ohms de résistance, plus une seconde boîte de résistances à trois divisions de 900, 9900 et 99900 ohms en maillechort pour le cas où il s'agit de mesurer des différences de potentiel supérieures à 170 volts. Les intensités correspondantes à l'introduction de ces diverses résistances sont indiquées au tableau suivant :

RÉSISTANCE INTRODUITE.	SENSIBILITÉ.	LIMITE SUPÉRIEURE DES INDICATIONS.
0 ohm.	1° = 0.01 volt	1,7 volt.
900 —	1° = 0,1 —	17 —
9900 —	1° = 1 —	170 —
99900 —	1° = 10 —	1700 —

E. BOISTEL.

INDICATEUR ÉLECTRIQUE POUR USINES

SYSTÈME DANZER

Cet appareil, d'une simplicité très grande, permet de surveiller à distance la marche d'une machine quelconque d'un atelier.

Nous en empruntons la description à une note communiquée par l'inventeur à la Société des sciences industrielles de Lyon.

L'indicateur électrique est formé d'un *tableau indicateur* proprement dit et de *boutons transmetteurs*.

Les boutons transmetteurs du tableau, disposés autour d'un cadran sur lequel tourne une aiguille, sont identiques à ceux employés dans les sonneries électriques; ils jouent ici le rôle d'interrupteurs de courant. Leur nombre correspond à celui des machines dont il s'agit de contrôler la marche. Ils portent,

Digitized by Google

chacun, sur leur bouton central d'appui, un numéro correspondant à celui de l'outil auquel il est relié, et qui se trouve renseigné sur un tableau *ad hoc*.

Sur un petit axe sont disposés un rochet et une aiguille à l'une des extrémités. Un levier, pouvant osciller autour d'un point fixe, porte un cliquet. Ce levier peut être attiré par un électro-aimant lorsque le courant passe dans le fil des bobines, et alors le cliquet est sans action sur le rochet; mais si le courant vient à être rompu, un ressort antagoniste ramène le levier de manière que le cliquet, en s'engageant dans une dent de rochet, fait tourner l'axe sur lequel il est calé. L'aiguille passe alors d'une division du cadran à la suivante. Un arrêt limite la course de l'aiguille à la longueur d'une division et un contre-cliquet empêche le rochet de revenir en arrière.

Chaque machine comporte un bouton transmetteur identique à ceux du tableau, et suivant que le mouvement de la machine est lent ou rapide, une petite came montée directement sur l'un des organes en mouvement ou un piton vissé sur la joue de la roue d'un compteur, viendra appuyer sur le bouton d'appui du transmetteur.

Pour se mettre à l'abri des effets d'induction, on doit construire en bois ces organes accessoires (cames, compteurs, etc.). Il est bon aussi de placer les fils conducteurs entre deux planchettes.

Ce système d'indicateur a été appliqué à un élément d'étirage de filature, et dans ce cas, on peut prendre aussi bien un cylindre cannelé de banc d'étirage qu'un banc à broches ou un métier à filer.

Si le fil positif de la source d'électricité, qui sera une pile ou une dynamo quelconque, va à l'électro-aimant, le fil négatif ira à la paillette ou platine fixe des transmetteurs, ou inversement. Dans tous les cas, la jonction se fera de l'électro-aimant à la paillette à ressort ou du bouton d'appui de ces mêmes transmetteurs. C'est sur le parcours de ces fils que sont disposés les interrupteurs.

Les platines fixes des interrupteurs sont reliées entre elles au moyen de fils ou mieux de bandelettes métalliques, et le dernier relie l'ensemble de ce réseau à l'électro-aimant. La paillette

Digitized by Google

mobile de chaque interrupteur est reliée à la palette mobile du transmetteur de la machine de même numéro.

Le courant ne se trouvera donc fermé et une indication ne se lèvera qu'autant que l'on pressera sur le bouton de l'interrupteur correspondant à la machine considérée.

On pourra employer comme conducteurs des fils de cuivre rouge n° 4 pour les fils de jonction, et n° 6 pour les fils des pôles.

Pour les lignes extérieures on procède généralement avec des fils aériens en fer galvanisé dont la section varie suivant la longueur des lignes.

La source d'électricité la moins coûteuse sera un ou plusieurs éléments de pile. Celle au peroxyde de manganèse et au chlorhydrate d'ammoniaque est à recommander. L. Chenut.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Dissolution de Compagnies électriques. — Il n'est pas rare de trouver des actionnaires déçus dans leurs espérances (surtout par ces temps de spéculation en matières électriques), et cherchant à rentrer dans leurs fonds sous prétexte d'avoir été trompés par un prospectus aussi flatteur que menteur. C'est le revers de la médaille. Une pétition en dissolution de la *Railway and Electric Appliances C°* (*Limited*) était présentée, en juillet dernier, devant la Cour de Chancery, par un certain nombre d'administrateurs de ladite Compagnie, qui prétendait que sa formation avait été frauduleuse, les vendeurs ayant touché des profits secrets ; que soixante-sept procès avaient été intentés par autant d'actionnaires, en remboursement de fonds, et que la Compagnie ne pouvait, dans ces conditions, continuer ses opérations avec profit. Un grand nombre d'actionnaires, cependant, pensent tout autrement, et le juge ayant déclaré que, dans son opinion, les pétitionnaires cherchaient simplement à former une nouvelle Compagnie sur les ruines de l'ancienne et à dépouiller une quantité d'actionnaires de leur propriété, a traité le procédé d'injustice, débouté les demandeurs et condamné les pétitionnaires au dépens.

La cause venait en appel il y a quelques jours; un personnage important, le duc de Manchester, figurait, dans ce cas comme dans le précédent, parmi les administrateurs mécontents. Comme un cas ana-

Digitized by Google

logue s'est présenté tout récemment pour une Compagnie d'éclairage électrique connue, et que la répétition de faits semblables est imminente pour bon nombre de Compagnies plus ou moins éphémères (à moins cependant que la douche versée par le président de la Cour d'appel sur les plaignants tardifs ne produise son effet salutaire et ne calme l'ardeur des futurs pétitionnaires), nous croyons utile de donner ici le résumé du jugement du président de la Cour d'appel. Ce jugement a déjà été invoqué dans le cas récent en question, et avec le même résultat.

Les pétitionnaires ayant exposé en appel que la Compagnie a été établie pour exploiter la lampe *Kennedy* et autres appareils électriques dont les brevets avaient été acquis par un contrat avec la *National Electric C°* constituée en avril 1882, et pour exploiter les brevets *Williams*, acquis par contrat passé avec la *Williams Railway Patent C°* en avril 1882, et pour l'exploitation d'or et fabrication d'appareils mécaniques et électriques en général; que ces brevets ne peuvent être exploités avec succès et ne permettent pas de réaliser les profits prévus; que les administrateurs, ayant été avisés qu'il était nécessaire de faire résilier les contrats, ont commencé un procès contre les vendeurs et les promoteurs, sur le terrain de fausses représentations et prix exorbitant, et demandant à être remboursés des pertes encourues. Dans l'intervalle, quatre-vingt procès, et le nombre s'accroît chaque jour, ont été intentés par les détenteurs non satisfaits de 42 000 actions sur le terrain de fausses représentations dans le prospectus, et dissimulation de profits secrets soi-disant payés aux promoteurs. Les pétitionnaires exposent que devant la situation embarrassée de la Compagnie (les administrateurs eux-mêmes étant divisés sur ce point) et les nombreux procès en instance, il était impossible que la Compagnie, instituée comme elle l'était, puisse continuer avec quelques chances de succès; que, par conséquent, il était juste et équitable de la dissoudre.

Après de longues et nombreuses plaidoiries pour et contre, le président a rendu le jugement suivant :

« Il a été emphatiquement affirmé que le cas tombait sous le coup « de la section 79 de la loi de 1862 sur les Compagnies, attendu que « les *bases fondamentales* de la Compagnie avaient entièrement « disparu, les brevets pour l'exploitation desquels cette Compagnie « s'était formée étant absolument sans valeur.

« Si ceci pouvait avoir été établi, le cas tomberait donc sous la loi « citée; mais, dans ce but, les pétitionnaires doivent établir le fait « sans aucune ambiguité possible. Pour déterminer si les brevets sont « ou non sans valeur, la Cour aurait à décider entre des avis contra-

Digitized by Google

« dictoires d'experts scientifiques ou en ayant devant elle les contrats « formant l'objet du litige. Les pétitionnaires ne peuvent pas par conséquent, dans mon opinion, compter sur un ordre de dissolution. « Les pétitionnaires prétendent, d'autre part, qu'un grand nombre « d'actionnaires sont mécontents du mode par lequel ils ont été « amenés à souscrire et ont commencé des procès pour faire effacer « leurs noms de la liste ; tandis que, d'autre part, une action a été « intentée au nom de la Compagnie, contre les vendeurs, pour l'annu- « lation du contrat d'après lequel les brevets formant la raison d'être « de la Compagnie, avaient été vendus à ladite Compagnie ; et que si « cette action obtient gain de cause, les *bases fondamentales* de la « Compagnie auront cessé d'exister.

« Si une réunion générale était convoquée, un grand nombre d'ac- « tionnaires ne devraient pas voter, étant accusés de n'être pas des « actionnaires réels ; tandis que si la Compagnie n'est pas dissoute « actuellement, les actions intentées contre les vendeurs et les promo- « teurs échoueront par le vote des intéressés. Un grand nombre « d'actionnaires accusent un grand nombre d'autres d'être en pos- « session frauduleuse d'actions, et désirent aussi se débarrasser des « leurs, le résultat serait que les accusés constitueront la majorité à « toute réunion qui pourra être convoquée.

« La Cour n'a pas à lever ces difficultés, mais elle doit seulement « décider si la Compagnie sera dissoute ou non.

« Il ne peut, dans aucun sens légal, être équitable que, sous l'in- « vocation de la section 79 de la loi de 1862, la Compagnie soit dissoute « à la demande de la minorité, en présence de l'opposition d'une ma- « jorité si considérable. Les procès intentés pour fraude peuvent « réussir ou non. Ils sont encore en suspens, et la cour ne doit pas « agir comme si ces fraudes étaient établies. La décision du juge « de première instance était, par conséquent, juste, et se trouve con- « firmée en appel ; les plaignants sont condamnés aux dépens. »

Nous avons donné au long ce jugement, parce qu'il est typique et tout d'actualité, le procédé invariable, lorsqu'une Compagnie ne réussit pas, étant de se retourner contre les inventeurs et les promoteurs.

J. A. Berly.

Société internationale des électriciens. — Nos lecteurs trouveront, comme supplément à ce numéro, les Statuts et Règlement de la Société. Le titre de membre fondateur sera acquis à tous ceux qui enverront leur adhésion avant le 15 octobre 1883 à *M. le Président de la Société Internationale des Électriciens*, 99, rue de Grenelle Saint-Germain.

Digitized by Google

LES MOTEURS ÉLECTRIQUES

ET LES MOYENS DE LES GOUVERNER

Nous allons terminer aujourd'hui l'analyse de l'intéressante étude de MM. Ayrton et Perry sur les moteurs électriques en montrant les différents moyens qu'ils proposent pour maintenir leur vitesse constante dans tous les cas possibles, et en donnant quelques résultats d'expériences faites sur les moteurs de construction récente.

On peut obtenir un moteur électrique à vitesse constante par deux procédés différents :

1° En ne fournissant de l'énergie électrique motrice qu'en proportion du travail demandé à chaque instant au moteur. C'est ce qui a déjà été réalisé à l'aide d'interrupteurs à force centrifuge dans le moteur du Telegraph Exchange C° de M. Higgins et dans le moteur magnéto-électrique de M. Marcel Desprez.

2° En faisant usage d'un frein qui compense à chaque instant les variations du couple résistant; ce frein peut, soit gaspiller l'énergie fournie en excès, soit l'emmagasiner pour un service ultérieur.

M. Ayrton donne aux régulateurs du premier système le nom de *spasmodiques*, en raison du caractère intermittent de leur mode d'action. Le moteur fonctionne par alternatives de plein travail ou de travail nul, à peu près comme les moteurs à gaz, et tout en conservant une vitesse moyenne constante, il présente cependant une allure plus ou moins irrégulière. Le régulateur spasmodique proposé par MM. Ayrton et Perry consiste en un interrupteur à mercure à force centrifuge qui interrompt le courant lorsque la vitesse atteint une certaine limite et le rétablit dès que la vitesse diminue.

Le régulateur *périodique* est le premier perfectionnement apporté à l'appareil primitif: dans ce système le courant n'est jamais complètement interrompu, et le moteur ne reçoit jamais pendant une longue période de temps le courant total, mais, à chaque tour, le courant traverse le moteur pendant une fraction de tour proportionnée au travail qu'il fournit. La figure 1 montre un des moyens d'obtenir ce résultat. Un balai A frotte sur deux bagues conductrices B et K reliées entre elles par une résistance électrique convenable; ce balai se déplace le long du cylindre sous l'action d'un régulateur à force centrifuge. Au repos le balai est toujours en contact avec la partie B; en travail, la force centrifuge le déplace vers K d'une quantité d'autant plus grande

Digitized by Google

que la vitesse est plus grande. Le courant n'arrive alors au moteur qu'en traversant la résistance intercalée entre B et K; on conçoit que le travail moteur tend alors à diminuer lorsque la vitesse tend à augmenter, et qu'on puisse ainsi maintenir sensiblement la vitesse de régime.

Lorsqu'on dispose plusieurs moteurs en série, le système régulateur shunte le moteur au lieu d'intercaler une résistance; ce résultat s'obtient facilement par un simple changement dans les communications

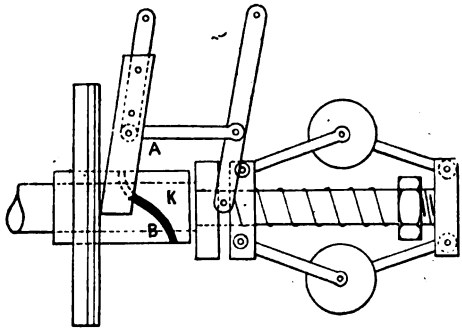


Fig. 1. — Régulateur de vitesse *périodique*.

électriques. Les régulateurs spasmodiques et périodiques présentent l'inconvénient de donner des étincelles nombreuses, et il est préférable de faire usage de moyens tout différents, c'est-à-dire des régulateurs de la deuxième classe.

On sait que, lorsqu'une machine dynamo tourne à vide, si l'on vient à fermer le circuit, on éprouve une très grande résistance au mouvement, parce que la machine produit alors du travail. Cet effet n'est pas particulier à une machine dynamo dont on ferme le circuit; il se produit aussi pour une machine dont la vitesse augmente, la résistance du circuit restant constante, au-dessus de la *vitesse critique*. On appelle vitesse critique correspondant à un circuit d'une résistance donnée, une vitesse telle qu'au-dessous de cette vitesse, la machine ne fournit qu'un courant inappréciable et qu'au-dessus de cette vitesse elle fournisse un courant puissant.

Une semblable machine mise en mouvement par le moteur agirait alors comme un *frein* puissant offrant une résistance considérable dès que la vitesse tendrait à dépasser la vitesse critique.

Dans ces conditions, il y aurait gaspillage de l'excès de travail. On peut éviter ce gaspillage en disposant le système comme le représente la figure 2; la bobine d'une magnéto *m* est disposée dans le même circuit que la bobine et l'inducteur d'un dynamo *d;* les deux induits

Digitized by Google

sont calés sur le même axe de rotation. La bobine *m*, en tournant, développe une force électromotrice qui tend à *diminuer* le courant, tandis que le mouvement de la bobine *d* produit une force électromotrice qui tend à *augmenter* le courant.

La combinaison d'un moteur et d'un frein générateur est le principe fondamental des dispositions adoptées dans tous les cas possibles, pour maintenir une vitesse constante, quelles que soient les conditions de la distribution, c'est-à-dire, soit qu'elle s'effectue à différence de potentiel constante ou qu'elle s'effectue à intensité constante, avec tous les moteurs en tension sur le même circuit.

Premier cas. — *Distribution à différence de potentiel constante.* — Le système représenté figure 2 convient bien, en principe, à ce cas particulier de distribution; il présente, en pratique, l'inconvénient d'exiger deux machines distinctes; on préfère, dans ce cas, l'une des dispositions représentées figure 3 ou 4. La figure 3 est un moteur

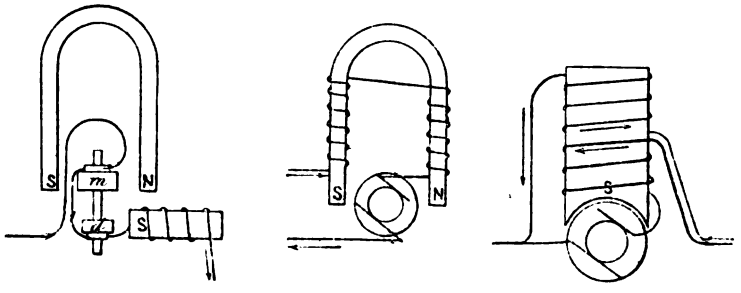


Fig. 2. Fig. 3. Fig. 4.

Distribution à différence de potentiel constante.

Fig. 2. — Principe du réglage de la vitesse par un frein dynamo et un moteur magnéto.
Fig. 3. — Réglage d'une magnéto.
Fig. 4. — Réglage d'une dynamo.

magnéto dans lequel l'aimant permanent est entouré de bobines que le courant traverse de manière à affaiblir l'aimantation de l'inducteur. La bobine et l'aimant permanent constituent le moteur; la bobine et le fil roulé sur l'inducteur jouent le rôle de frein.

Dans la figure 4, l'aimant permanent est remplacé par un inducteur excité en dérivation: le courant qui traverse la dérivation agit alors comme un courant constant, et le fer se comporte, sous son action seule, comme un aimant permanent. Le courant qui traverse la dérivation agit donc pour aimanter l'inducteur, tandis que le courant direct tend à désaimanter cet inducteur. On retombe donc dans le cas de la figure 3.

Digitized by Google

Deuxième cas. — *Distribution à intensité constante.* — On peut (fig. 5) combiner deux armatures montées sur le même axe; dans ce cas, la magnéto *m* agit comme frein et la dynamo *d* comme moteur; les deux bobines sont couplées en tension et l'excitation de la dynamo est disposée en dérivation sur les deux bobines.

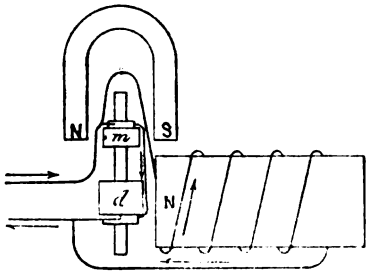


Fig. 5.

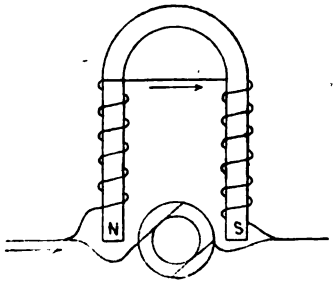


Fig. 6.

Distribution à intensité constante.

Fig. 5. — Magnéto frein et dynamo moteur à deux bobines.
Fig. 6. — Magnéto frein et dynamo avec excitation en dérivation comme moteur.

On peut encore (fig. 6) faire usage d'une machine magnéto agissant comme frein et un moteur avec excitation en dérivation comme moteur[1].

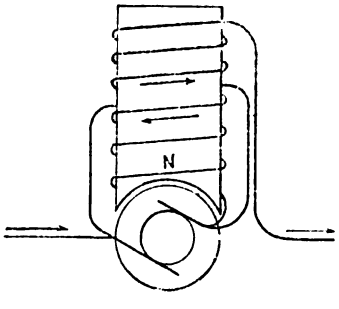


Fig. 7.

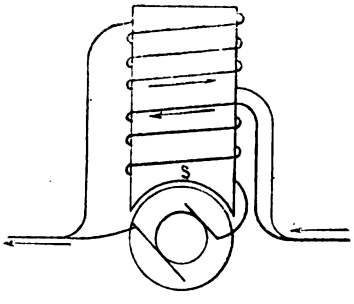


Fig. 8.

Distribution à intensité constante.

Fig. 7. — Dynamo à double enroulement. Le moteur est excité par la dérivation, le frein par le circuit général.
Fig. 8. — Dynamo à double enroulement. Moteur en dérivation sur l'ensemble et frein excité en circuit.

Les figures 7 et 8 montrent comment on peut réaliser aussi ces conditions avec des dynamos.

[1] Cette disposition ne nous paraît pas pratiquement réalisable. En effet, l'excitation devant produire une aimantation inverse supérieure à celle de l'aimant lui-même, ce dernier sera rapidement inversé et le système mis en défaut. E. H.

Digitized by Google

Le fil fin (fig. 7) établi en dérivation sur la bobine seule sert comme moteur; le gros fil, en circuit, sert comme frein et tend à affaiblir le magnétisme de l'inducteur.

Enfin (fig. 8), le circuit d'excitation moteur est monté en dérivation sur la bobine et le second circuit de désaimantation couplé en dérivation sur l'ensemble sert de frein.

On voit que les systèmes de réglage de la vitesse d'un moteur électrique sont nombreux; ils ne nous paraissent pas tous efficaces au même degré, et nous croyons, en particulier, que ceux qui sont fondés sur l'affaiblissement d'aimants permanents par un courant de désaimantation ne donneront pas, en pratique, les effets de réglage attendus.

PUISSANCE ET RENDEMENT DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

Le travail, en watts[1], fourni à un moteur, ou, en général, à un circuit électrique quelconque, est égal au produit du courant en ampères I par la différence de potentiel en volts, E, entre les extrémités de ce circuit. Une partie du travail fourni au moteur est perdue en chaleur; elle est égale à RI^2 watts, R étant la résistance *apparente* du moteur en ohms, et qui se compose de sa résistance à l'état de repos et de l'accroissement de résistance np produit par la self-induction.

Le reste de EI est égal à eI, en appelant e la force contre-électromotrice, en volts, développée par le moteur; elle se transforme directement en travail mécanique, mais elle ne constitue pas un travail utile. Une partie de eI est perdue en frottements des coussinets et des balais; une seconde partie est dépensée par la production des courants de Foucault qui se développent dans toutes les parties métalliques mobiles; une troisième partie constitue le travail utile et est égal à Tn, T étant le travail en watts par tour, et n le nombre de tours par seconde[2].

Le travail utile est donc Tn, le travail fourni est EI, le rendement effectif du moteur est donc :

$$\frac{Tn}{EI}.$$

Dans les calculs théoriques, on néglige souvent le travail dû aux courants de Foucault et même celui des frottements; c'est ainsi que l'on parvient à des rendements de 90 pour 100. On néglige aussi la perte due à la self-induction.

[1] On sait que 1 *watt* $= \frac{1}{9,81}$ kilogrammètre.

[2] Nous avons dû modifier un peu la formule de M. Ayrton pour la ramener au système C. G. S. et supprimer les unités anglaises.

Digitized by Google

Pour avoir la valeur exacte du rendement, il est indispensable de connaître E, I, T, et *n*.

La mesure de E, I, et *n* ne présente pas de difficultés, celle de T s'effectue avec un dynamomètre d'absorption tel que le frein de Prony, celui de M. Carpentier ou de M. Raffard.

On peut avoir intérêt à maintenir le travail par tour absolument constant tout en faisant varier la vitesse, afin d'étudier comment varie le courant avec la vitesse.

On y arrive facilement à l'aide du *dynamomètre compensateur* de MM. Ayrton et Perry représenté figure 9.

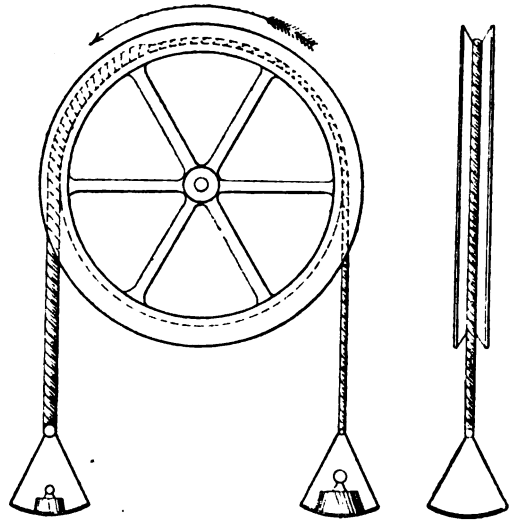


Fig. 9. — Dynamomètre compensateur de MM. Ayrton et Perry.

Sur l'arbre du moteur à expérimenter, on monte une poulie à gorge sur laquelle passe une corde supportant deux poids inégaux; les deux moitiés de la corde sont d'inégal diamètre et présentent, par suite, des coefficients de frottement différents; le point de jonction entre les deux cordes est adouci pour faciliter la transition.

La partie la plus grosse supporte le poids le plus petit et inversement; le mouvement de rotation est indiqué par la flèche.

On conçoit que, dans ces conditions, si le coefficient de frottemen vient à augmenter, le poids le plus lourd est soulevé, l'arc d'enroulement de la grosse corde diminue et celui de la corde mince augmente; il en résulte une diminution de frottement qui compense l'augmentation accidentelle. L'effet inverse se produit si le coefficient de frot-

Digitized by Google

tement vient à diminuer. En proportionnant convenablement la poulie et les poids, on peut obtenir un couple de torsion quelconque dont le compensateur maintient automatiquement la constance, et, par suite, un travail par tour constant.

Lorsqu'on fait des mesures avec un frein séparé, il est indispensable de relier le moteur au frein par un arbre flexible; pour les petits moteurs, un long ressort en spirale d'un diamètre relativement petit constitue un assemblage excellent. Il est bon de relier aussi le moteur au compteur de tours par un arbre flexible, car, avec les compteurs ordinaires, la pression variable de la main suffit pour introduire une erreur importante, surtout lorsque le moteur est petit. Il est commode de se servir d'un compteur tournant continuellement avec le moteur en faisant deux lectures, l'une au commencement, l'autre à la fin d'un intervalle de temps donné. A 2000 tours, l'erreur ainsi commise ne dépasse pas 0,3 pour 100.

Voici maintenant quelques résultats d'expériences entreprises dans le but d'étudier les conditions générales de fonctionnement des moteurs. On admet généralement que, pour un courant d'intensité donnée, le couple moteur est indépendant de la vitesse. En faisant cette supposition, on commet une erreur résultant, d'une part, de ce qu'on néglige le frottement magnétique; d'autre part, en supposant que, pour un courant donné, l'attraction entre l'inducteur et l'induit est constante, on néglige l'action de la rotation qui a pour effet : 1° de déplacer les pôles ; 2° d'affaiblir l'intensité du champ magnétique par suite des réactions mutuelles de l'inducteur et de l'induit. L'expérience indique au contraire invariablement qu'il faut, pour maintenir un couple moteur constant, un courant de plus en plus intense à mesure que la vitesse du moteur augmente.

Voici, par exemple, les résultats d'une série d'expériences faites sur un moteur de 14 kilogrammes constitué par un anneau Gramme tournant entre deux inducteurs Siemens; le couple moteur a été maintenu constant en lui opposant le couple résistant d'un dynamomètre compensateur: la charge était telle que le moteur fournissait un travail de 7,5 kgm. par seconde à la vitesse de 3400 tours par minute.

Nombre de tours par minute.	Courant en ampères.
952	5,4
1543	6,5
2527	6,7
3154	7,3
3252	7,7
4117	8,7

On voit par ces chiffres que la constance de l'intensité du courant

Digitized by Google

pour un couple moteur donné est bien loin d'être vérifiée en pratique.

Voici les résultats moyens formés par quelques moteurs connus de construction récente.

Moteur Griscom. — C'est le plus petit type expérimenté. Il pèse 1130 grammes, sa résistance à chaud est de 1,1 ohm. Avec un courant de 6,7 ampères et une différence de potentiel aux bornes de 17,4 volts, le travail effectif (au frein) n'a jamais pu dépasser 0,0266 cheval-vapeur et le rendement 17 pour 100, à une vitesse de 2433 tours par minute.

Un courant de 6,7 ampères chauffant le moteur d'une façon dangereuse, MM. Ayrton et Perry ont fait une seconde série d'expérience avec un courant de 4 à 5 ampères seulement, et de 8 à 13 volts aux bornes.

A 2500 tours, avec 13,3 volts et 4,9 ampères, le moteur a fourni un travail effectif de 0,011 cheval-vapeur et un rendement mécanique un peu inférieur à 13 pour 100.

Moteur à bobine de Gramme avec inducteur Siemens. — Poids 3630 grammes. Résistance à chaud : 0,443 ohm. A 2800 tours, avec 13,8 volts aux bornes et 16,9 ampères, il a fourni un travail de 0,062 cheval-vapeur. Rendement : 20 pour 100.

Moteur Jablochkoff. — C'est le plus mauvais de tous les moteurs essayés. Le rendement n'a jamais dépassé 4 pour 100 et le travail 0,014 cheval-vapeur.

Le tableau ci-dessous résume les principales conditions de fonction-

DÉSIGNATION DES MACHINES.	Poids en kilogrammes.	Courant en ampères.	Volts aux bornes.	Nombre de tours par minute.	Travail électrique fourni en chevaux.	Travail mécanique recueilli au frein.	Rendement.
Anneau Gramme avec inducteurs Siemens. .	14	6,7 8,7	28,4 45,6	2527 4117	0,255 0,528	0,074 0,120	0,289 0,226
Ayrton et Perry	17	25,5 21,7	25,1 17,5	2000 1570	0,860 0,401	0,3 0,2	0,34 0,40
De Meritens	33	19,7	33,0	2000	1,30	0,75	0,50
Siemens.	230	»	»	906 731	» »	4,96 5,60	0,746 0,714

nement des moteurs plus puissants expérimentés par MM. Ayrton et Perry. On remarquera que leur moteur ne réalise pas encore la perfection, malgré les considérations théoriques qui les ont guidés dans

Digitized by Google

sa construction. Le meilleur moteur a donc, d'après ces expériences, la machine de Siemens qui transforme en travail mécanique effectif, mesuré au frein, jusqu'à 74 pour 100 de l'énergie électrique qui lui est fournie de borne à borne.

SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE, LA RÉSISTANCE ET LE RENDEMENT DES ACCUMULATEURS

PAR M. W. HALLWACHS

Professeur à l'Institut de physique de l'Université de Strasbourg [1].

La première pile secondaire a été construite par Ritter dès 1803, trois ans après la découverte de l'électrolyse. Plus tard, Sinsteden a fait remarquer que les voltamètres à électrodes de plomb, d'argent ou de nickel, fournissaient des piles secondaires capables de donner des courants intenses. Puis M. Planté entreprit en 1859 de laborieuses recherches sur des piles secondaires formées de lames de plomb immergées dans l'acide sulfurique étendu d'eau. Il fut ainsi conduit à un mode de préparation des lames de plomb qui permet à la pile de fournir indéfiniment des courants de polarisation. Ce procédé est très minutieux et exige une grande dépense de travail. En outre, les couches de plomb spongieux finalement formées à la surface des lames de plomb sont relativement peu profondes. M. Faure a apporté une amélioration à ces éléments en revêtant préalablement de minium les deux électrodes. La formation est ainsi notablement accélérée, et de plus l'élément se prête à une charge plus élevée, en ce que la couche de plomb spongieux et d'oxyde formée à la surface des lames est beaucoup plus épaisse.

On a très peu de données sur ces nouvelles piles secondaires. Les renseignements sur leur rendement font notamment défaut. Aussi ai-je entrepris, sur le conseil de M. le professeur Kundt, des recherches sur la force électromotrice, la résistance et le rendement des piles secondaires. Au cours de ces travaux, MM. Allard, Le Blanc, Joubert, Potier et Tresca ont publié un rapport sur le rendement de l'un de ces types d'accumulateurs, et MM. les professeurs W.-E. Ayrton et John Perry en ont fourni un autre sur un plus grand nombre de types. MM. Gladstone et Tribe ont étudié les phénomènes chimiques dans les piles secondaires. Je n'ai personnellement fait aucune recherche à cet égard.

[1] Extrait de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, mai 1883.

Digitized by Google

J'ai eu à ma disposition deux éléments Tommasi, un grand et un petit élément Breguet, et deux éléments diversement préparés par M. Otto Schulze.

Les éléments de Schulze se composaient d'une série de lames de plomb, dont la première, la troisième, la cinquième, etc., étaient reliées métalliquement l'une à l'autre, de même que la seconde, la quatrième, la sixième, etc. Ces lames mesuraient 20 centimètres de hauteur sur 10 centimètres de large et étaient disposées dans une caisse rectangulaire. Le premier élément (n° I) comportait cinq lames sur lesquelles était appliqué 1 kilogramme de minium. Pour donner plus d'adhérence au minium, on avait gaufré les lames par compression. L'élément pesait avec l'acide 8,1 kilogrammes. Le second élément (n° IV) était composé de trente lames qui, après un grattage destiné à aviver le métal, avaient été saupoudrées de fleur de soufre et chauffées, de sorte que la surface était formée d'une couche de sulfure de plomb. A la charge, l'élément composé de ces lames perdit tout d'abord son soufre. L'élément pesait avec le liquide 10,5 kilogrammes.

Les éléments Tommasi (n° II) comportent deux cadres rectangulaires de 30 centimètres de haut sur 30 centimètres de large, formés de baguettes de plomb rectangulaires de l'épaisseur d'un doigt et disposés dans une caisse parallélipipédique en ébonite. Les deux côtés verticaux de chacun de ces cadres sont reliés par 500 à 600 lames de plomb de 0,3 millimètre d'épaisseur sur 15 millimètres de largeur, juxtaposées et allant de haut en bas des cadres. Une barre d'ébonite interposée entre les deux plaques ainsi constituées empêche tout contact entre elles. Le poids d'un élément avec sa monture était de 21,4 kilogrammes.

Dans les éléments Breguet (n° III), les deux électrodes étaient constituées par de simples lames de plomb, protégées de tout contact entre elles par l'interposition d'une bande de caoutchouc et enroulées en spirales dans un vase de verre cylindrique. Le plus grand élément pesait 4,9 kilogrammes. Ces éléments, ainsi que ceux de Tommasi, avaient été préparés par le procédé Planté.

Les éléments avaient été remplis d'acide sulfurique dilué dans 10 fois son volume d'eau.

Avant d'indiquer l'ordre suivi dans ces recherches, je donnerai d'abord les notations générales adoptées dans la suite de ce travail avec leur signification.

1. *Pour la charge*, à un moment donné :

I = l'intensité;

Digitized by Google

R = la résistance de l'accumulateur ;
E = sa force électromotrice ;
E′ = la différence de potentiel aux pôles de la pile fermée ;

on a ainsi : $E' = E + IR.$

Pendant la charge :
I_0 = l'intensité moyenne ;
E_0 = la force électromotrice moyenne ;
T = la durée de la charge.

2. *Pour la décharge*, on a conservé respectivement les mêmes notations, mais en italiques. Seulement on a ici :

$$e' = e - ir,$$

ce qui est évident sans autre démonstration.

La résistance extérieure à travers laquelle se décharge l'élément est représentée par ρ.

Toutes les mesures sont données en unités telles qu'elles ont été fixées par le Congrès des électriciens. L'unité de travail du courant est donc défini par l'équation :

$$1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampère} \times 1 \text{ seconde} = \frac{1}{g} \text{ kilogrammètre.}$$

Les conversions de calculs ont été faites sur les relations suivantes :

1 unité Siemens = 0,972 ohm,
1 Daniell = 1,12 volt.

DISPOSITION DES EXPÉRIENCES ET MÉTHODE SUIVIE

Pendant la charge et la décharge, les mesures suivantes ont été prises par les méthodes ci-dessous décrites à intervalles de temps déterminés :

1. Résistance de la pile secondaire ;
2. Intensité du courant ;
3. Différence de potentiel aux pôles de la pile fermée.

La grande intensité du courant (i) pendant la décharge exigeait seulement une mesure spéciale en raison du grand échauffement du circuit extérieur, qui n'aurait pas permis le calcul exact de la valeur de e' d'après celles de i et de ρ par simple application de la formule $e' = i\rho$, ainsi qu'on le fait pour les faibles courants.

Digitized by Google

Des valeurs observées, on déduisait par le calcul la force électromotrice et le rendement, comme on le verra plus bas.

Le schema suivant (fig. 1) montre la disposition de l'expérience :

Les intensités étaient mesurées au moyen du galvanomètre G de Sauerwald, placé en dérivation sur le conducteur principal. La résistance entre les deux points de dérivation était négligeable vis-à-vis de celle de la dérivation elle-même comprenant le galvanomètre. On n'employait pas pour la charge une pile de Bunsen, mais une machine Gramme; aussi y avait-il dans l'intensité des oscillations correspondant aux explosions dans le moteur à gaz qui actionnait la machine. L'énergique apériodicité du galvanomètre permettait la lecture de ses indications avec une approximation de 0,5 pour 100.

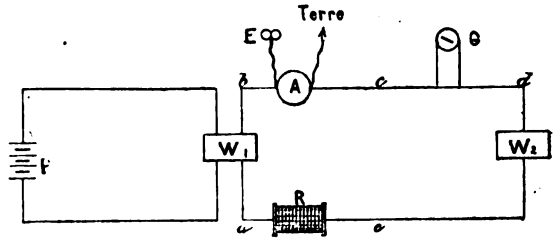


Fig. 1. — P, pile ou machine Gramme servant à la charge. — W_1 et W_2, commutateurs à bascule sans croisement, permettant de mettre en circuit P ou une combinaison de pont de Wheatstone, ou de les en retirer. — R, rhéostat Siemens à chevilles. — A, pile secondaire en expérience. — E, électromètre. — G, galvanomètre. — Le circuit *a,b,c,d,e*, constitue le conducteur principal.

Les déviations du galvanomètre étaient réduites en ampères au moyen d'une unité Siemens extraite d'un rhéostat à chevilles et avec la force électromotrice d'un élément Daniell normal prises pour étalons. Plusieurs éléments Daniell en quantité, dont la force électromotrice avait été préalablement déterminée directement à l'aide d'un électromètre, envoyaient un courant dans le conducteur principal. On prenait alors lecture de la déviation ainsi produite au galvanomètre, on déterminait ensuite la résistance du circuit; puis on observait encore la déviation du galvanomètre et la force électromotrice de la pile ouverte; et l'on calculait l'intensité en ampères d'après la moyenne des déterminations correspondantes. J'ai plusieurs fois renouvelé cette opération dans le cours des expériences.

Les différences de potentiel étaient mesurées à l'aide d'un électromètre à quadrants de Mascart (E dans la figure). L'un des pôles de la pile secondaire était constamment relié à la terre (au moyen d'un fil aboutissant à la conduite de gaz), l'autre était en connexion avec

Digitized by Google

l'aiguille de l'électromètre. Un commutateur permettait de changer les connexions. Les déviations ainsi obtenues des deux côtés de l'électromètre concordaient parfaitement.

Une pile de 100 éléments Daniell isolés, dont le milieu était relié à la terre, maintenait les deux paires de quadrants à un potentiel égal et contraire. A l'aide d'un élément Daniell normal, on vérifiait de temps à autre la constance de la pile; à la moindre variation dans la charge des quadrants, on renouvelait la pile.

Les forces électromotrices étaient comparées à celle d'un élément normal dont la force électromotrice était reconnue de 1,12 volt. On employait à cet effet soit un « Daniel élevé », soit un Daniell à siphon. La constance de cet élément était souvent contrôlée. Un Daniell normal produisait à l'électromètre une déviation de 55 à 60 millimètres; cette déviation était fréquemment vérifiée dans le cours de chacune des expériences.

Les mesures de résistances étaient effectuées à l'aide d'un pont de Wheatstone à téléphone et à courants alternatifs disposé suivant le schema ci-dessous (fig. 2). Les branches 1 et 2 étaient formées d'un fil de maillechort tendu, de 1 mètre de long et de 1,50 ohm de résis-

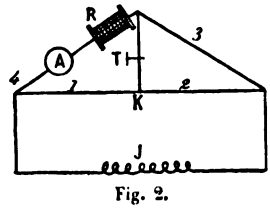


Fig. 2.

tance, muni d'un bloc de contact K. La branche 3 était également un fil de maillechort tendu dont on pouvait utiliser à volonté une plus ou moins grande longueur; sa résistance totale était d'un peu plus de 1 ohm. La branche 4 est le conducteur principal du schema (fig. 1), qui pouvait être introduit au moyen du commutateur W_2 dans la combinaison du pont. Les fils de maillechort avaient été calibrés par comparaison avec deux rhéostats à chevilles. Comme générateur de courant on faisait usage d'un petit appareil d'induction (J) installé dans une pièce voisine, et dont la bobine primaire avait 0,57 ohm et la bobine secondaire 387 ohms de résistance. Le nombre des interruptions était communément de 100 environ par seconde, et pouvait varier de 70 à 130. Le téléphone T avait deux bobines de 3,79 et 3,74 ohms de résistance disposées parallèlement. Avec les fils fins allant au téléphone, la branche du pont avait alors en tout 2,89 ohms

Digitized by Google

de résistance. Dans la branche 4, on insérait encore ordinairement 1 unité Siemens prise sur le rhéostat R pour affaiblir les sons produits dans le téléphone par l'inconstance même de l'élément. Cette unité Siemens, sans induction, suffisait la plupart du temps à permettre une exactitude de 0,5 millimètre près dans l'insertion du contact K pour le minimum d'intensité du son dans le téléphone, ce qui correspondait à une approximation de 0,2 pour 100 dans la détermination de la résistance. Les valeurs trouvées pour quatre mesures de la résistance d'un accumulateur plus un bout de fil de maillechort ont été, par exemple : $r = 1{,}135$; 1,135; 1,136 et 1,134 ohms.

Les mesures de résistance étaient prises de telle façon que tout le conducteur principal était inséré comme branche 4, à l'aide du commutateur W_2, dans la combinaison du pont. Dans le cas de la charge, la pile de charge ou la machine était d'abord naturellement retirée au moyen du commutateur W_1. Il passait donc évidemment à travers l'accumulateur, au moment de la détermination de la résistance, un courant d'intensité différente de celle à laquelle on avait affaire à l'instant auquel on désirait connaître cette résistance. Afin de voir si par hasard la résistance variait avec l'intensité du courant, j'ai, autant que la méthode le permet, déterminé les résistances pour des intensités aussi différentes que possible et je n'ai trouvé aucune modification appréciable. De légères altérations, si encore elles se présentaient, seraient d'ailleurs, comme l'indiquent les observations et les formules suivantes, sans influence sensible sur la détermination de la force électromotrice et du rendement. Et même des erreurs relativement considérables dans les déterminations de résistances, par suite de l'introduction nécessaire dans la branche 4 des résistances ci-dessus mentionnées, ne conduiraient pas, en raison de leur *valeur absolue extrêmement faible*, à des erreurs sensibles dans les résultats trouvés pour la force électromotrice et le rendement.

OBSERVATIONS

I. — *Force électromotrice.*

La force électromotrice a été calculée, sur les valeurs observées, d'après les formules suivantes :

$$E = E' - IR \qquad \text{(charge)},$$
$$e = e' + ir = i(\rho + r) \qquad \text{(décharge)}.$$

On mesurait aussi de temps à autre la force électromotrice de l'élément ouvert.

Digitized by Google

La force électromotrice d'un accumulateur dépend, toutes choses égales d'ailleurs, de l'état de l'accumulateur. Nous parlerons plus bas de cette relation. En outre, si l'on détermine la force électromotrice pendant la charge, qu'on ouvre la pile et qu'on la détermine aussitôt de nouveau, puis qu'on laisse alors circuler rapidement le courant de décharge et qu'on la mesure encore, on trouve des valeurs remarquablement différentes. Pour formuler brièvement ces relations, nous appellerons *positif* le courant qui traverse l'accumulateur à la charge, et *négatif* celui qui le traverse à la décharge; ce qui correspond à un courant nul pour la pile ouverte. On peut alors dire sommairement que la force électromotrice dépend de l'intensité du courant. Voici les résultats des expériences faites à cet égard.

Relation avec l'intensité du courant. — Quand on étudie l'intensité du courant depuis ses valeurs positives jusqu'à ses valeurs négatives, en passant par zéro, on voit décroître constamment la force électromotrice. A différentes reprises, des mesures relevées successivement aussi rapidement que possible ont donné pour la force électromotrice les résultats suivants :

Courant positif.	Pile ouverte.	Courant négatif.
2,28	2,06	»
2,34	2,10	»
2,41	2,18	2,08
2,20	2,06	1,99
2,31	2,11	2,01
2,32	»	2,05

Plus le courant de décharge est intense, plus la force électromotrice tombe rapidement. Pour une intensité de décharge (i) très considérable, elle peut en très peu de temps tomber à zéro, sans que l'élément soit complètement déchargé. Elle revient à sa valeur initiale si on laisse le courant de décharge quelque temps interrompu (charge résiduelle).

Relation entre la force électromotrice et l'état de l'élément. — L'état de l'élément est déterminé :

1° Par l'énergie électrique (chimique) disponible dans cet élément à l'instant considéré ;

2° Par l'ensemble des charges et des décharges par lesquelles il a passé.

1° La force électromotrice (E) croît avec l'énergie disponible contenue dans l'accumulateur. Elle conserve toujours une valeur de 0,2 à 0,4 volt même pour un accumulateur aussi déchargé que possible. Au début de la charge, elle commence par croître très rapidement (fig. 3) et proportionnellement à l'intensité (I) du courant, jusqu'à des valeurs de 2 à 2, 4 volts. Si l'on maintient I constant, elle croît ensuite lente-

Digitized by Google

ment sous l'action continue de la charge. Je n'ai pu obtenir son maximum. I décroissant vers la fin de la charge, il peut arriver que E diminue également.

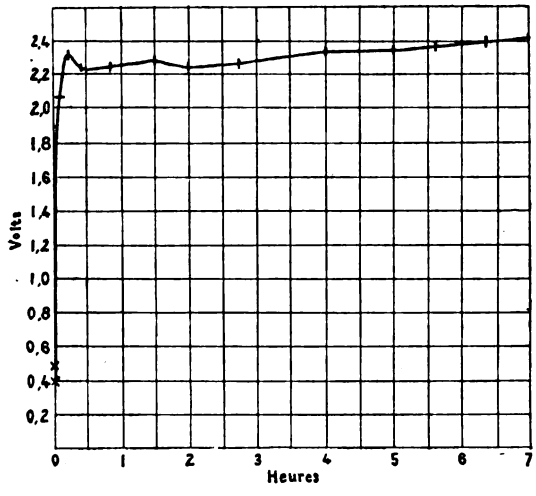


Fig. 3. — Force électromotrice pendant a charge.

Au commencement de la décharge, la force électromotrice (*e*) possède une valeur de 2 volts environ. Quand le contenu de la pile en énergie disponible diminue, *e* décroit. Cette décroissance s'effectue lentement d'abord, puis rapidement (fig. 4). L'accumulateur n'abandonne que

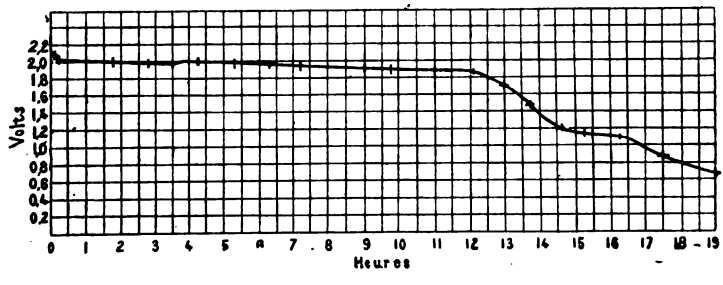


Fig. 4. — Force électromotrice pendant la décharge.

très lentement et avec une force électromotrice très faible les dernières traces d'énergie disponible.

2° Toutes les autres circonstances restant les mêmes, la force élec-

Digitized by Google

tromotrice varie sensiblement peu avec l'ancienneté de service c'est-à-dire avec la formation des accumulateurs.

Valeur moyenne de la force électromotrice. — Au point de vue pratique, ce sont les valeurs moyennes de la force électromotrice pendant la charge et la décharge qui offrent le plus d'intérêt. Pour les obtenir, on a calculé de la manière ci-dessous décrite l'intégrale par rapport au temps de la force électromotrice aussi bien pour la charge que pour la décharge, et on l'a divisée par les temps de charge et de décharge respectivement.

a. Pour la *charge*, les valeurs moyennes de la force électromotrice doivent, d'après ce qui précède, dépendre plus ou moins de l'intensité et du degré de la charge, mais le service plus ou moins ancien de l'accumulateur doit également avoir sur elles une influence. Le tableau suivant donne quelques exemples de chiffres obtenus pour les valeurs moyennes de E_0 pendant la charge :

Expérience.	Élément.	I_0.	T.	E_0.
6	I	3,9	4 h.	2,19
16	I	4,0	4	2,27
13	I	7,4	7	2,33
14	I	6,7	1	2,20
7	I	17,1	4	2,46
8	I	1,1	4	1,95

Les deux premières épreuves montrent que E_0 varie avec l'ancienneté de service de l'accumulateur; les deux suivantes, qu'elle dépend également de la durée de la charge T; et les deux dernières, qu'elle varie aussi avec l'intensité I_0. Les valeurs moyennes obtenues dans la série des épreuves, tant avec l'élément I qu'avec les autres, se tiennent toutes entre 1,9 et 2,5 volts.

b. *Décharge.* — Comme les dernières traces d'énergie emmagasinée ne sont libérées que très lentement et avec une force électromotrice très faible, elles sont inutiles pour les applications pratiques directes, aussi n'en a-t-on pas tenu compte dans le calcul de la valeur moyenne pendant la décharge e_0. Cette valeur de e_0 atteint environ 2 volts. Les valeurs extrêmes, dans les conditions d'épreuves les plus différentes, ont été de 1,84 à 2,22 volts. (*A suivre*).

Digitized by Google

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 20 août 1883.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la correspondance, une réimpression de la *Théorie mathématique des phénomènes électrodynamiques, uniquement déduite de l'expérience*, par André-Marie Ampère.

Cette réimpression vient d'être effectuée par la librairie A. Hermann.

Séance du 27 août 1883.

Sur la mesure des différences de potentiel et des résistances entre électrodes. — Note de M. G. CABANELLAS (Extrait).

J'ai eu l'honneur, en 1881, de présenter à l'Académie « quelques moyens et formules de mesure des éléments électriques et des coefficients d'utilisation avec le dispositif à deux galvanomètres ». La Note dont il s'agit a été insérée dans les *Comptes rendus*, séance du 16 juin 1881.

Entre autres, je donnais les formules

$$E = \frac{i'\varepsilon - i\varepsilon'}{i' - i}, \quad r = \frac{\varepsilon - \varepsilon'}{i' - i}.$$

ε est la différence des potentiels à la sortie de la résistance intérieure r pendant que circule l'intensité effective i. Ces formules sont tout à fait générales, le circuit peut être complété par des résistances extérieures inconnues et quelconques, même animées de forces électromotrices quelconques; ces formules comprennent donc a fortiori le cas plus simple considéré par M. Thévenin, où la source électrique est fermée sur des résistances inertes, connues, réduites l'une à la résistance g du galvanomètre d'intensité, l'autre à cette résistance augmentée d'une résistance auxiliaire connue a. En effet, si, dans notre formule générale, nous remplaçons ε et ε' par leurs valeurs particulières gi et $(g + a)i'$, nous retombons, comme cela doit être, sur les formules

$$R = a\frac{ii'}{i - i'} \quad \text{et} \quad r = a\frac{i'}{i - i'} - g,$$

données par M. Thévenin (*Comptes rendus*, t. XCVII, p. 453).

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

THÉORIE MATHÉMATIQUE DES PHÉNOMÈNES ÉLECTRO-DYNAMIQUES *uniquement déduite de l'expérience*, par *André-Marie* AMPÈRE. Deuxième édition conforme à la première publiée en 1826. — A. Hermann, éditeur. Paris.

Les travaux d'Ampère sont peu connus de la génération actuelle, sinon dans leurs conséquences, du moins dans leurs détails. Il était même devenu difficile, pour ceux qui ont souci de posséder une bibliothèque sérieuse, de se procurer les mémoires originaux de notre célèbre compatriote. La lacune est aujourd'hui comblée, du moins en ce qui concerne l'un des mémoires les plus importants d'Ampère. Il serait superflu de faire l'éloge du travail dont nous annonçons aujourd'hui la deuxième édition, mais nous devons féliciter M. Hermann qui, en entreprenant cette publication, a rendu service à la science française et aux travailleurs, et nous souhaitons voir donner bientôt une suite à cette intelligente initiative par la réimpression du *Recueil d'observations électro-dynamiques* qui forme le complément nécessaire du mémoire d'Ampère dont nous annonçons aujourd'hui l'apparition.

ZEITSCHRIFT DES ELEKTROTECHNISCHEN VEREINES IN WIRN, tel est le titre d'une nouvelle revue d'électricité, organe de l'*Elektrotechnischen Verein* (de Vienne), rédacteur en chef M. *Joseph Kareis*, secrétaire du comité directeur de l'exposition de Vienne. Cette publication s'est imposé une bien lourde charge; elle se propose d'aider au développement des applications de l'électricité, de trouver une concordance plus parfaite entre la pratique et la théorie, de sauvegarder les intérêts nationaux et d'unir dans cet effort tous les hommes compétents et toutes les bonnes volontés; elle s'engage également et surtout à ne pas perdre de vue un seul moment l'enseignement de cette partie de la physique dont les anciennes méthodes ont été totalement bouleversées. Un tel programme ne peut trouver chez nous que le plus sympathique accueil et nous avons la conviction que, naissant sous les auspices des membres distingués de l'*Elektrotechnischen Verein* (de Vienne), et sous la direction éclairée de M. *Joseph Kareis*, cette nouvelle revue est appelée à rendre les plus grands services à la cause de l'électricité.

Digitized by Google

FAITS DIVERS

Nécrologie. — Le « *Times* » annonce la mort de M. Cromwell Fleetwood Varley, Fellow of the Royal Society, Membre de l'Institution des Ingénieurs Civils, etc., qui a eu lieu Dimanche, le 2 courant à sa résidence de Bexley-Heath, (Kent). M. Varly était âgé de 55 ans, étant né à Londres, en 1828. Il était très connu dans le monde des ingénieurs et des télégraphistes, où il laisse un vide regrettable; et la liste des brevets qu'il a pris depuis 1854 jusqu'à présent, remplirait une colonne de journal.

Parmi ses inventions les plus marquantes figurent le relai qui porte son nom et dont la sensibilité était telle comparée à ceux en existence alors, que son adoption rendit possible, pour la première fois, l'envoi direct de messages télégraphiques entre Londres et Edimbourg, ainsi que l'appareil qu'il imagina pour localiser les fautes à distance sur les lignes télégraphiques terrestres.

M. C. Varley a été l'associé de Robert Stephenson, Sir William Fairbairn et autres, pour la pose du premier câble transatlantique, lequel a eu un certain succès.

Il faisait partie, depuis longtemps, du Conseil de la Society of Telegraph Engineers dont il a été le président, il y a quelques années.

—

Exposition de Rouen en 1884. — A l'occasion du Concours régional agricole préparé à Rouen par l'État en 1884, une grande Exposition industrielle s'ouvrira dans cette ville, organisée par l'initiative privée, avec le concours et les encouragements de l'État, du Conseil général de la Seine-Inférieure, de la Municipalité, de la Chambre de commerce, ainsi que de la Société industrielle et des autres compagnies savantes de Rouen.

Cette exposition s'adresse *à toutes les industries* des départements de l'Aisne, le Calvados, l'Eure, l'Eure-et-Loir, la Manche, la Mayenne, le Nord, l'Oise, l'Orne, le Pas-de-Calais, la Sarthe, la Seine-Inférieure et la Somme.

En dehors de l'exhibition des nombreuses et importantes productions de la grande région comprise par ces départements, une place considérable a été réservée par la commission aux industries qui se rattachent, à un degré quelconque, à la mise en œuvre de la laine et du coton; reconnaissant l'intérêt supérieur qu'offrent ces industries, la commission a décidé que pour elles l'exposition serait nationale.

Voulant également aider à l'expansion des applications industrielles de l'électricité, et favoriser les progrès qu'elle paraît appelée à réaliser dans les manufactures, la commission a arrêté que l'exposition serait aussi nationale pour l'électricité, en ce qui concerne l'éclairage et la force.

Persuadée, d'autre part, que, dans ce concours qu'elle ouvrait à l'activité humaine, une place devrait être réservée aux œuvres de l'éducation et de l'instruction, elle a compris un groupe scolaire dans son exposition régionale.

Digitized by Google

Questions électriques. — Depuis quelque temps, un correspondant qui a adopté le pseudonyme d'*Ilégalé Surer* (transformation tintamarresque de la formule de Ohm), nous envoie une série de questions souvent embarassantes, auxquelles nous ne saurions refuser l'hospitalité de nos colonnes, car elles sont empreintes du plus grand bon sens et d'un amour profond de la science et de la vérité. Il va sans dire que nous accueillerons de même les réponses que voudront bien nous adresser ceux qui sont en mesure de les faire courtes mais bonnes. Ceci dit, nous commençons dès aujourd'hui la publication de cette série de questions dans l'ordre où nous les envoie notre correspondant inconnu.

1° Pourquoi l'*Annuaire du Bureau des longitudes*, qui est cependant une publication officielle, continue-t-il à publier les valeurs de l'intensité du magnétisme terrestre dans l'ancien système, aux mépris des décisions du Congrès international des électriciens de 1881?

2° Pourquoi les conducteurs des paratonnerres de Notre-Dame sont-ils si soigneusement isolés dans des bagues en verre ou en cristal?

3° Pourquoi un constructeur dont nous tairons le nom — pas de réclame — affirme-t-il qu'une pile de son invention fonctionne indéfiniment *aux dépens de l'air* (?), alors qu'il est manifestement évident qu'elle fonctionne aux dépens du zinc et de la solution active qu'elle renferme? En acceptant ce langage tout spécial, il serait tout aussi logique de dire qu'un morceau de charbon brûle indéfiniment aux dépens de l'air, mais qui s'y laisserait prendre? Tandis qu'une pile.....

4° Pourquoi certains auteurs s'obstinent-ils à exprimer les forces électromotrices en calories, alors que ces deux grandeurs ne sont nullement homogènes, puisqu'une force électromotrice est homogène à une force, tandis qu'une calorie est homogène à un travail. L'inconvénient, minime pour ceux qui *savent*, est, au contraire, très grand pour ceux qui *apprennent*.

5° Pourquoi la plupart des traités de physique récents n'établissent-ils pas de distinction entre la calorie gramme-degré et la calorie kilogramme-degré? Nouvelle cause d'erreur pour les applications des formules.

6° Pourquoi M. Berthelot qui a adopté la calorie *kilogramme-degré* comme unité de chaleur (ce que l'*Annuaire du Bureau des longitudes* néglige de dire) a-t-il adopté le *gramme* comme unité de poids? Le manque d'homogénéité est ici manifeste; il est d'autant plus regrettable que les quantités de chaleur étant rapportées, non à l'unité de poids du corps, mais à l'équivalent exprimé en grammes, on s'expose à commettre des erreurs grossières lorsqu'on n'applique les chiffres et les formules que par occassion, et qu'on n'a pas présentes à l'esprit toutes les conventions spéciales à l'auteur. (*Seront continuées*).

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES EXPÉRIENCES DE GRENOBLE

Les récentes expériences de transport de force à distance faites entre Vizille et Grenoble par M. Marcel Deprez nous suggèrent quelques réflexions qui viendront mieux à leur place après la publication *in extenso* de la note envoyée à l'Académie des sciences par M. le capitaine du génie Boulanger, président de la Commission nommée par M. le maire de la ville de Grenoble, et insérée dans les *Comptes rendus* de la séance du 10 septembre 1883.

Expériences faites à Grenoble, par M. Marcel Deprez, *sur le transport de la force par l'électricité.* Note de M. Boulanger, au nom de la Commission nommée par la ville de Grenoble pour suivre ces expériences [1].

L'importance de la question du transport de la force par l'électricité n'est plus à constater aujourd'hui, et les expériences faites au mois de mars dernier aux ateliers du chemin de fer du Nord ont montré à quels résultats il était possible d'arriver. Le rapport remarquable qui a suivi ces expériences a indiqué la supériorité de ces résultats sur ceux qu'on avait obtenus précédemment, en même temps qu'il faisait ressortir la concordance existant entre l'expérience et la théorie.

Aussi, dans les expériences faites à Grenoble, la Commission désignée pour y prendre part a-t-elle cru devoir s'attacher surtout à obtenir un grand nombre d'observations et à faire porter ces observations principalement sur les mesures dynamométriques. Ce sont les résultats de ces mesures qui font l'objet de la présente Note.

Les mesures électriques n'en ont pas moins été prises; elles ont servi à vérifier plus complètement l'ensemble des expériences et à justifier l'emploi des méthodes adoptées.

Les machines employées étaient les mêmes qu'aux ateliers du che-

[1] Composition de la Commission nommée par M. le maire de la ville de Grenoble :
Président et Rapporteur. — M. Boulanger, capitaine du génie.
Secrétaire. — M. Labatut, préparateur de physique à la Faculté des sciences.
Membres. — MM. Jordan, ingénieur civil. — Kuss, ingénieur des mines. — Mercheron, ingénieur des ponts et chaussées. — Rivoire, ingénieur des ponts et chaussées. — Péréné, ingénieur-inspecteur des lignes télégraphiques. — Viallet, ingénieur civil.
Membres adjoints. — MM. Charlon, ingénieur civil. — Perrin, directeur de l'École professionnelle. — Peyrard, ingénieur civil.

Digitized by Google

min de fer du Nord, mais le fil des inducteurs de la réceptrice avait été changé, l'isolement des divers organes avait été amélioré; enfin les deux machines étaient l'une et l'autre isolées du sol au moyen de bâtis en bois sec.

La réceptrice étant à Grenoble, la génératrice avait été installée dans l'usine Damaye et Compagnie, près de la gare de Vizille, où elle était actionnée par une turbine. Les deux machines étaient à une distance de 14^{km}; elles étaient réunies par deux fils de bronze siliceux de 2^{mm} de diamètre. La résistance de cette ligne était de 167 ohms. Quant aux machines, leur résistance mesurée à plusieurs reprises donna :

		Ohms.	
Génératrice.	Inducteurs	20,10	R = 56,7
	Anneaux . . . . . 2 × 18,30 =	36,60	
Réceptrice.	Inducteurs	61,00	r = 97,00
	Anneaux	36,00	

Les seuls appareils de mesures mécaniques dont pût disposer la Commission étaient des freins de Prony; il en résulte qu'on fut obligé, pour mesurer le travail absorbé par la génératrice, d'avoir recours à la méthode de substitution. Les vérifications nombreuses qui furent faites pendant la durée des expériences justifièrent pleinement l'emploi de cette méthode, qui présente d'ailleurs le grand avantage d'être plus commode que toute autre dans la pratique.

La turbine actionnait, au moyen d'engrenages, un arbre de couche; celui-ci transmettait le mouvement à la génératrice, par l'intermédiaire d'un renvoi qui avait dû être placé pour obtenir une vitesse convenable. C'est sur l'arbre de couche que fut installé le frein, monté sur une poulie d'environ $0^{m},60$ de diamètre. Ce frein avait été équilibré à vide; son bras de levier avait une longueur de $2^{m},50$. Enfin sa température était maintenue sensiblement constante par l'écoulement continu d'une émulsion d'eau de savon et d'huile d'olive. On s'assura d'ailleurs de la sensibilité de l'appareil, en constatant que, le frein étant chargé de 54^{kg}, l'addition d'un poids de 50^{gr} suffisait pour détruire l'équilibre.

Le travail maximum de la turbine fonctionnant dans les meilleures conditions de vitesse, mesuré à l'aide de cet appareil, fut trouvé égal à 27 chevaux.

En appelant P la charge du frein, N_0 le nombre de tours par minute, L la longueur du bras de levier, le travail est donné par l'expression

$$T = \frac{2\pi L N_0 P}{4500} = 0{,}00549 N_0 P.$$

A Grenoble, le travail reçu était mesuré par un frein de plus petites

Digitized by Google

dimensions, monté sur la poulie de la réceptrice. Le bras de levier étant de 0,815, sa formule était $T_m = 0{,}001138np$.

Voici alors comment on opérait:

La turbine était mise en marche sans que la génératrice fût embrayée, c'est-à-dire en faisant tourner seulement la poulie folle du renvoi. Le frein de Vizille était alors équilibré avec une charge P et l'on comptait N_0. On plaçait ensuite un poids p au frein de Grenoble, et l'on embrayait la génératrice. L'équilibre se trouvait détruit; on le rétablissait à Vizille, de manière à reproduire exactement la vitesse N_0 de l'arbre du frein; ce qui se réalisait à moins d'un tour près. La charge à Vizille devenait P', et lorsque l'équilibre était rétabli, on notait simultanément les indications des deux freins.

Dans ces conditions, il est évident que le travail dépensé par la génératrice et le renvoi, ou *travail moteur brut*, est donné par l'expression

$$T_b = 0{,}00549\,(P - P').$$

Cela suppose toutefois que le travail total fourni par la turbine ne varie pas pendant la durée de l'expérience.

Pour s'assurer que cette dernière condition était remplie, après chaque série d'expériences, c'est-à-dire avant de modifier la vitesse de la turbine, on tarait de nouveau le frein, la génératrice, en repos, et l'on constata à chaque fois que, pour la même charge, l'arbre du frein reprenait exactement la même vitesse.

Le tableau I donne le résultat des expériences [1]. Le travail moteur T_m qui a servi à calculer le rendement est égal au travail moteur brut diminué de la perte due aux frottements du renvoi sur ses coussinets. Cette perte, calculée en tenant compte du poids du renvoi et de la tension des courroies, est égale à $0{,}00227N_0$. Il resterait à tenir compte des glissements des courroies, mais la comparaison des vitesses de la génératrice, calculées et mesurées, montre que ces glissements sont peu importants.

Les nombres contenus dans le tableau I sont assez éloquents par eux-mêmes pour qu'il soit inutile de rien ajouter qui en fasse ressortir l'importance, le rendement maximum ayant atteint 62 pour 100 en transportant près de 7 chevaux.

Toutefois on peut faire sur ces nombres quelques remarques, qui montrent l'accord parfait existant entre les résultats obtenus et la

[1] Le tableau manuscrit qui a été transmis à l'Académie par M. Boulanger comprend, outre les résultats des expériences du 1er septembre, les résultats d'autres expériences préliminaires, effectuées le 22 et le 23 août.

Digitized by Google

TABLEAU I

DATES des expériences.	NUMÉROS des expériences.	VIZILLE. Nombres de tours par minute de l'arbre du frein N_0.	Nombres de tours par minute de la génératrice : calculés N_1.	mesurés N.	Charges du frein. : Génératrice en repos P.	Génératrice en marche P'.	Travail total sur l'arbre du frein $0{,}00349\,N_0P = T$.	Travail moteur : brut $0{,}00349\,N_0(P-P') = T_b$.	Transmission déduite T_m.	GRENOBLE. Nombres de tours par minute de la réceptrice n.	Charges du frein p.	Travail reçu $0{,}001138\,np = T_R$.	RENDEMENT $100 \times \frac{T_R}{T_m}$.
					kg	kg	ch	ch	ch		kg	ch	
	H 1. . .	110	730	720	54,00	35,20	20,73	7,22	6,97	484	6	3,50	47,3
	H 2. . .	110	730	730	54,00	32,00	20,73	8,45	8,20	446	7	3,55	45,2
	H 3. . .	110	730	732	54,00	30,00	20,73	9,21	8,96	406	8	3,69	41,1
	K 1. .	130	870	865	40,00	21,50	18,37	8,62	8,33	614	6	4,19	50,3
	K 2. . .	130	870	865	40,00	18,20	18,37	10,11	9,82	586	7	4,66	47,4
1er	K 3. . .	130	870	875	40,00	15,50	18,37	11,34	11,05	558	8	5,08	45,9
sep-	L 1. . .	145	961	946	45,00	27,70	22,77	8,75	8,42	712	6	4,86	57,7
tembre	L 2. . .	145	961	934	45,00	24,20	22,77	10,43	10,10	686	7	5,46	54,0
1883.	L 3. .	145	961	970	45,00	21,70	22,77	11,79	11,46	662	8	6,02	52,5
	M 1. .	160	1061	1040	35,00	17,00	19,54	10,05	9,69	830	6	5,66	58,3
	M 2. . .	160	1061	1040	35,00	14,50	19,54	11,44	11,08	778	7	6,19	55,8
	M 3. . .	160	1061	1050	35,00	12,10	19,54	12,69	12,33	734	8	6,68	54,1
	N : 1. . .	170	1127	1140	28,50	9,00	16,90	11,50	11,18	875	7	6,97	62,5

Digitized by Google

théorie, et qui serviront, par suite, à démontrer l'exactitude des mesures prises et des méthodes suivies pour les obtenir.

On peut remarquer d'abord que, lorsqu'on atteint les vitesses obtenues dans les expériences, les champs magnétiques des machines sont voisins de leurs points de saturation et cessent d'être fonctions de l'intensité du courant. Les mesures électriques renfermant près de 50 observations ont d'ailleurs montré que les pertes par la ligne étaient négligeables et que l'intensité pouvait être considérée comme uniforme. Si cela est, on doit avoir, comme l'a montré M. Marcel Deprez, en appelant I cette intensité,

$$p = KI \quad \text{et} \quad P - P' = K'I,$$

K et K′ étant deux coefficients constants.

On tire de ces deux égalités

$$\frac{P - P'}{p} = \frac{K'}{K} = \text{const.}$$

Le tableau II, établi pour ces mêmes expériences du 1er septembre, montre que cette relation est constamment vérifiée.

TABLEAU II

NUMÉROS des expériences.	VALEURS de p.	VALEURS de P.	VALEURS de P′.	VALEURS de P − P′.	VALEURS de $\frac{P-P'}{p}$.	OBSERVATIONS.
	kg	kg	kg	kg		
H 1. . .	6	54,00	35,20	18,8	3,13	La moyenne des valeurs de $\frac{P-P'}{p}$ peut être prise égale à 3.
H 2. . .	7	54,00	32,00	22,0	3,14	
H 3. . .	8	54,00	30,00	24,0	3,00	
K 1. . .	6	40,50	21,50	19,0	3,16	
K 2. . .	7	40,50	18,20	21,3	3,04	
K 3. . .	8	40,50	15,50	25,0	3,12	
L 1. . .	6	45,00	27,70	17,3	2,88	
L 2. . .	7	45,00	24,20	20,8	2,97	
L 3. . .	8	45,00	21,70	23,3	2,91	
M 1. . .	6	35,00	17,00	18,0	3,00	
M 2. . .	7	35,00	14,50	20,5	2,92	
M 3. . .	8	35,00	12,10	22,9	3,86	
N : 1. . .	7	28,50	9,00	19,5	2,78	

On déduit de cette remarque un moyen commode de calculer le

Digitized by Google

rendement. En effet, dans le tableau I, le rendement a été calculé par la formule

$$100 \times \frac{T_u}{T_m} = \frac{0{,}001138 \times np}{0{,}00349 N_0 (P - P')},$$

ou, en remplaçant la vitesse de l'arbre de couche par celle de la génératrice,

$$100 \frac{T_u}{T_m} = \frac{0{,}001138 \times 6{,}63 \times np}{0{,}00349 \times N (P - P')},$$

ou enfin, en prenant

$$\frac{p}{P - P'} = \frac{1}{5},$$

comme l'indique le tableau II,

$$100 \times \frac{T_u}{T_m} = \frac{n}{N} \times 0{,}72,$$

relation conforme aux indications du tableau I.

Ces remarques sont importantes, car elles montrent que les résultats prévus par la théorie ont été vérifiés par les expériences de Grenoble et elles montrent aussi le degré de confiance que l'on peut accorder aux mesures prises par la Commission.

Sans contester l'importance et l'utilité de ces nouvelles expériences, nous sommes cependant loin de partager l'enthousiasme de la Commission de Grenoble. Le rapport présente en effet trop de lacunes pour nous permettre de formuler une opinion aussi optimiste. Le rendement de 62,3 pour 100 a été obtenu dans une seule expérience dont on ne nous fait connaître ni la durée ni les circonstances. En ce qui concerne les pertes sur la ligne, le rapport se contente de déclarer que *près de* 50 *observations ont d'ailleurs montré que les pertes par la ligne étaient négligeables et que l'intensité pouvait être considérée comme uniforme.* Nous aurions aimé voir appuyer cette affirmation par des chiffres précis, car si l'on se reporte au tableau II, il est facile de voir que la Commission admet la *constance* d'un facteur dont les variations atteignent *douze pour cent* de sa valeur absolue, comme par exemple le rapport $\frac{P - P'}{p}$. Il peut être commode de prendre la moyenne des valeurs d'une variable et de la considérer comme

Digitized by Google

constante, mais il reste à savoir dans quelle mesure le procédé est légitime. Grâce à cet artifice de calcul, les résultats prévus par la théorie peuvent être considérés comme vérifiés par les expériences.

Un calcul très simple fait voir que la force électromotrice de la génératrice a dû, dans l'expérience désignée sur le tableau I sous le nom de N1, dépasser 3000 volts. Ces potentiels sont-ils acceptables sur des lignes aériennes, même formées de bronze silicieux, au lieu de fer? C'est là un point sur lequel la Commission aurait dû nous éclairer. Nous désirerions aussi connaître le *quantum* des pertes par dérivation sur la ligne dans chaque expérience; il est probable cependant que ces pertes, négligeables au dire de la Commission, ont pu n'avoir qu'une valeur absolue très inférieure à celle qu'elles pourraient acquérir dans une exploitation industrielle courante. Cela doit être attribué, partie à ce qu'il s'agit ici d'une ligne nouvellement posée, avec conducteurs en bronze silicieux, et partie à ce que le beau temps plaçait la ligne dans des conditions d'isolement excellentes. Ces conditions se retrouveront-elles dans l'application industrielle? Nous nous permettrons d'en douter jusqu'à ce que nous ayons sous les yeux une série d'expériences complètes et probantes, au lieu de simples affirmations qui laissent subsister les difficultés sans les résoudre. Nous avions déjà constaté le même procédé dans le rapport présenté par M. Cornu il y a quelques mois à propos des expériences du chemin de fer du Nord. Il serait profondément regrettable de le voir se transformer en système académique. Nous terminerons donc ces quelques observations en demandant avec instance la publication des résultats électriques des expériences de Vizille-Grenoble, avec les indications relatives à la durée des expériences, l'état de la ligne, celui de l'atmosphère, etc. Lorsque tous ces points seront éclaircis, nous pourrons alors envisager la découverte (?) de M. Marcel Deprez au point de vue économique, point de vue dont on semble s'être fort peu préoccupé jusqu'à présent, et étudier dans quelles limites de distance et de puissance le transport électrique de la force nous semble industriellement applicable. E. Hospitalier.

Digitized by Google

EXPÉRIENCES

SUR L'ATTAQUE LOCALE DES ZINCS EN CIRCUIT OUVERT

Toutes les piles primaires usuelles ont le zinc pour électrode négative.

L'attaque locale des zincs par les liqueurs acides ou cuivriques est un obstacle à l'emploi des couples énergiques ; elle augmente beaucoup leur dépense pendant le travail et les épuise, même en circuit ouvert. C'est donc contribuer utilement à l'amélioration des piles que d'étudier les moyens d'empêcher, d'atténuer au moins, les réactions inopportunes du zinc sur les liquides qui le baignent.

Les procédés les plus efficaces et les plus connus sont l'emploi du zinc pur, qui est peu pratique, et l'amalgamation de l'électrode, opération désagréable et coûteuse, qu'il faut renouveler souvent.

J'ai proposé et employé le *cloisonnement* des zincs : ce procédé est assez efficace, surtout contre l'action des sels de cuivre; mais il accroît la résistance des piles et n'est pas applicable à toutes les combinaisons voltaïques.

Les amalgames de zinc liquides ou pâteux sont incommodes et fort coûteux; pourtant, on les a parfois recommandés comme économiques, parce qu'ils permettent d'utiliser les rognures de zinc: singulière économie qui consiste à mettre en manipulation plusieurs kilos de mercure à 6 francs, pour tirer parti d'un kilo de débris à 40 centimes!

Il m'est revenu que Leclanché avait tenté, autrefois, l'emploi des ALLIAGES SOLIDES *de zinc et de mercure*. On ne sait pas s'il a réussi à les fabriquer à bas prix; rien ne témoigne qu'il en ait pratiqué ou proposé l'usage.

D'autres électriciens ont recherché ces alliages. Mais M. Dronier est le seul, à ma connaissance, qui ait su les obtenir couramment et économiquement. Il en a montré et vendu à l'Expo-

Digitized by Google

sition universelle de Paris (1878). Depuis il a laissé cette affaire et abandonné ses procédés au domaine public.

D'ailleurs, ni M. Dronier ni aucun des inventeurs et des auteurs qui ont travaillé ou écrit sur les piles n'ont donné, sur l'usure locale des zincs diversement préparés, baignés dans diverses liqueurs, des chiffres d'expérience comparatifs. Il m'a paru utile de traiter cette question.

J'ai donc prescrit une série d'expériences sur des zincs nus et amalgamés, en contact avec les liquides les plus usités, pour déterminer l'importance de l'action locale dans chaque combinaison. Ces expériences ont été exécutées avec beaucoup de soin, dans mon laboratoire, par mon préparateur M. Merlhes, et au laboratoire de la Société générale des téléphones, par M. André Reynier. Les résultats obtenus de part et d'autre présentent une concordance satisfaisante; on peut accorder confiance aux chiffres obtenus.

On a employé, dans tous les essais, des zincs cylindriques, modèle Leclanché : diamètre 10 millimètres, longueur 165 millimètres, poids moyen 90 grammes. Les zincs nus sont en fil tiré au banc; les amalgamés sont de la même sorte; on a fait l'amalgamation en plein mercure, après un dégraissage à la potasse et un décapage à l'eau acidulée sulfurique.

Les zincs prennent, dans le mercure, une augmentation de poids d'un demi-gramme environ; mais on ne peut pas déduire de là le poids du mercure retenu, car le bain amalgamant retient, d'autre part, une quantité de zinc inconnue.

Les zincs en alliage ont les mêmes dimensions; ils présentent la composition suivante (en poids) :

Zinc	96
Mercure	4

Ces zincs alliés m'ont été obligeamment préparés par M. Dronier. La fabrication consiste à jeter, dans un poids connu de zinc en fusion, la quantité voulue de mercure, laquelle se répartit instantanément dans toute la masse du zinc; on coule ensuite l'alliage dans des moules. Certaines précautions sont à prendre pour éviter les projections de métal et les soufflures.

Chaque liquide a été essayé séparément avec trois zincs : un ordinaire nu, un amalgamé et un allié à 4 pour 100

Digitized by Google

La quantité de liquide baignant chaque zinc était assez grande (1 litre), pour que l'action ne fût pas interrompue ni trop ralentie avant la fin de l'expérience. Dans les essais qui ont été prolongés pendant plusieurs jours, on a renouvelé le liquide après chaque période de vingt-quatre heures. Les zincs étaient immergés sur une longueur de 10 à 12 centimètres; surface de contact = 31 à 38 centimètres carrés.

Pour rendre les résultats comparables, on a ramené à l'heure et au centimètre carré le poids perdu par chaque zinc. On a noté la durée de chaque expérience; circonstance importante, car l'ordre des poids perdus par deux zincs différents s'intervertit parfois quand on prolonge leur séjour dans certains liquides.

Le tableau ci-contre résume les principaux résultats obtenus.

Les chiffres de ce tableau et l'examen des zincs donnent lieu à quelques observations.

La protection obtenue par le mercure est beaucoup plus grande qu'on ne le croit généralement. Dans certains liquides l'usure du zinc amalgamé est cinquante fois, cent fois..., dix mille fois moindre que celle du zinc ordinaire.

Le zinc allié au mercure est, en général, meilleur que le zinc amalgamé, *surtout dans les expériences de longue durée.* Sur le zinc amalgamé, la première couche superficielle est riche en mercure; mais à mesure que l'attaque gagne des couches plus profondes, la proportion de mercure diminue, et aussi la protection obtenue. C'est le contraire qui a lieu avec l'alliage, lequel s'enrichit visiblement en mercure à mesure que son poids diminue. (Il est évident qu'en circuit fermé la supériorité de l'alliage se manifesterait après un temps beaucoup plus court.) Les alliages sont plus cassants que le zinc amalgamé, et ils le deviennent davantage par l'usure, ce qui confirme la précédente observation.

C'est avec raison que l'acide sulfurique au soufre est préféré à l'acide ordinaire; pourtant, quand celui-ci est préparé à l'huile par le procédé d'Arsonval[1], il vaut presque l'acide au soufre, et peut le remplacer très économiquement. L'acide à l'huile, quoique décanté et filtré trois fois sur de l'amiante, retient des corps gras qui d'abord enduisent les zincs et les protègent un

[1] Voy. le *Formulaire pratique de l'électricien.*

Digitized by Google

RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES

FAITES POUR APPRÉCIER L'IMPORTANCE DE L'ATTAQUE LOCALE DES ZINCS DIVERSEMENT PRÉPARÉS, IMMERGÉS DANS DIVERSES LIQUEURS

COMPOSITION DES LIQUIDES.		DURÉE DES EXPÉRIENCES.	USURE MOYENNE EN MILLIGRAMMES PAR HEURE ET PAR CENTIMÈTRE CARRÉ.		
		heures.	nn.	amalg.	allié.
Eau. . . . . en volume.	90	1	2965	»	»
Acide sulfurique *ordinaire* 66 degrés. —	10	2	»	54	7
Eau. . . . . en volume.	90	1	1918	»	»
Acide sulfurique *au soufre* 66 degrés. —	10	48	»	0,2	0,3
Eau. . . . . en volume.	90	1	255	»	»
		1,40′	898	»	»
Acide sulfurique *ordinaire*, préparé *à l'huile* par le procédé d'Arsonval. . . en volume.	10	2,25′	1522	»	»
		72	»	0,6	0,8
Eau. . . . . en volume.	90	1	3791	»	»
Acide sulfurique ordinaire 66 degrés. —	10	24	»	12	8
Nitrate de soude . . . en grammes par litre.	10	51	»	75	26
Eau. . . . . en poids.	1000	24	83	»	»
Bisulfate de potasse. . . . . —	100	72	»	0,2	0,1
Eau. . . . . en poids.	1000				
Bisulfate de potasse. . . . . —	100	24	65	»	»
Sulfate d'ammoniaque. . . . . —	50	72	»	inappréciable.	
Eau . . . . . en volume.	90				
Acide sulfurique ordinaire 66 degrés.	10	1	4698	4244	»
Sulfate de cuivre. . . en grammes par litre.	50	1,20′	»	»	2393
Eau. . . . . en poids.	1000	24	117	44	57
Sulfate de cuivre . . . . . —	150	49	»	78	85
Eau. . . . . en poids.	1250	30′	7810	»	»
		40′	»	1532	»
Bichromate de potasse. . . . . —	200	80′	»	1991	»
Acide sulfurique ordinaire 66 degrés. —	470	2,50′	»	»	1334
Acide chlorhydrique du commerce		15′	19665	»	»
		24	»	183	34
Eau . . . . . en volume.	800	1	4556	»	»
Acide chlorhydrique du commerce. —	200	72	»	2,6	0,9

Digitized by Google

peu. Cette protection diminue vite. Aussi l'usure des zincs *ordinaires* dans l'acide à l'huile s'accélère-t-elle avec rapidité quand on prolonge l'expérience.

La présence de l'acide nitrique libre (dans les mélanges eau acidulée et nitrate de soude) augmente considérablement l'attaque des zincs.

L'addition d'un peu de sulfate d'ammoniaque dans une dissolution de bisulfate de potasse atténue beaucoup l'usure des zincs. Je ne sais pas pourquoi.

L'addition du sulfate de cuivre dans l'eau acidulée augmente énormément l'action locale; le *cloisonnement* du zinc serait indispensable dans de pareils mélanges.

L'utilité de l'amalgamation du zinc dans les couples du genre Daniell a été souvent contestée : l'expérience démontre que le mercure réduit la perte de moitié dans une solution de sulfate de cuivre à 150 pour 1000.

Dans le mélange chromique, l'emploi du zinc ordinaire est presque impraticable ; l'usure du zinc amalgamé s'y accélère rapidement. Seul l'alliage zinc et mercure permettrait un contact longtemps prolongé. Tandis que le zinc amalgamé perd vite son éclat pour prendre une teinte noirâtre, l'alliage devient de plus en plus brillant jusqu'à usure complète.

Il reste brillant aussi au contact des liqueurs cuivriques.

Dans les autres liquides, les zincs alliés se criblent de piqûres. Ces nombreux petits trous se creusent très profondément dans le mélange nitrique.

L'ensemble de ces observations démontre que les *alliages zinc et mercure* doivent être généralement préférés au zinc ordinaire et même au zinc amalgamé ; leur emploi contribue à l'économie des couples et atténue leur inconstance. Le coût de zincs *alliés*, fabriqués avec des rognures de bonne sorte, serait moindre que celui des zincs amalgamés, dont il faut souvent renouveler la surface avec grande dépense de mercure et de main-d'œuvre.

Aussi faut-il engager les électriciens qui construisent ou emploient des piles primaires à substituer au zinc amalgamé les alliages solides de zinc et mercure, dont l'emploi présente des avantages très nets.

Emile Reynier.

Digitized by Google

LA LAMPE TIHON

Il existe actuellement deux moyens de produire la lumière électrique : l'incandescence et l'arc voltaïque.

Chacun de ces systèmes a ses avantages et ses inconvénients. Ainsi l'incandescence a pour qualité la divisibilité et une fixité relative; pour défaut, une grande dépense d'énergie et un coût d'installation élevé à cause de la grosseur des conducteurs, enfin l'incandescence ne peut être utilisée là où l'on a besoin de sources lumineuses puissantes. L'arc voltaïque, au contraire, a pour qualité l'intensité et l'économie ; pour défaut, l'irrégularité due à la non homogénéité parfaite des charbons et à ce que les points, d'où l'arc jaillit, ne sont pas invariables.

Sans insister davantage sur ces considérations bien connues, on peut dire qu'un brûleur serait parfait, si, à l'intensité de l'arc voltaïque, il réunissait la fixité de l'incandescence.

C'est en partant de ces données, que M. Tihon s'est proposé la construction d'une lampe nouvelle, à arc voltaïque et à incandescence tout à la fois, dont il a donné la description dans une communication faite le 21 mars dernier, à la Société des sciences industrielles de Lyon.

M. Tihon qui, dans sa lampe, conserve l'arc, a eu l'idée, pour fixer la lumière et lui donner à parcourir d'un charbon à l'autre un chemin solide, de faire appuyer les deux charbons contre une petite tringle en matière réfractaire.

Pour réaliser cette disposition, M. Tihon taille dans un bloc de chaux une petite pièce prismatique dont la section est telle qu'un côté de ce prisme présente une baguette de 5 millimètres de large et de 2 millimètres de saillie. Contre ce prisme, placé verticalement, viennent appuyer les deux charbons de même longueur et légèrement inclinés.

Le courant qui jaillit entre les deux pointes contourne d'abord la petite saillie dont nous avons parlé et qui se trouve instantanément portée à une température égale à celle de l'arc lui-même. Elle acquiert ainsi une certaine conductibilité qui, alors même

Digitized by Google

que le courant viendrait à faiblir, sera suffisante pour maintenir constante l'intensité de l'arc.

La tringle de chaux, portée à l'incandescence, comme dans la lampe-soleil, émet elle-même une grande quantité de lumière; comme en outre l'incandescence de la chaux ne saurait varier aussi rapidement que le courant qui l'alimente, cet intermédiaire joue, en partie, le rôle du volant d'une machine à vapeur.

M. Tihon construit 5 types courants de lampes. Nous décrirons en détail le premier type qui est formé de deux montants métalliques, comprenant entre eux la tringle réfractaire, et fixés sur un disque isolant de $0^m.14$ de diamètre. Ce disque est en verre, en marbre ou en stuc. Parallèlement à ces montants sont disposées deux tiges servant de guides à deux curseurs qui tendent normalement à descendre; nous y reviendrons plus loin.

Les charbons, comme nous l'avons déjà dit, ont leurs pointes appuyées de chaque côté de la petite languette saillante de la tringle réfractaire. Leur extrémité inférieure terminée par un tube de 0,04 à 0,05 de longueur est logée dans une cavité de la semelle des montants.

La semelle de l'un des montants, articulée à charnière, permet d'écarter ce montant de l'autre pour le nettoyage des rainures dans lesquelles la tringle réfractaire se trouve maintenue.

Les deux montants reliés entre eux, bien qu'isolés électriquement, sont maintenus par un crochet, placé à la partie supérieure du chandelier, et articulé avec une petite manivelle fixée à l'extrémité d'une troisième tige parallèle à celle qui guide le curseur de gauche.

A quelques centimètres du pied de cette troisième tige est fixée une sorte de came, dont l'extrémité recourbée en crochet pénètre dans la rainure de la tringle réfractaire qu'elle empêche de descendre. Elle est d'ailleurs maintenue dans cette position par un ressort fixé au pied de la tige.

Pour procéder au remplacement de la tige réfractaire, il suffit d'appuyer sur la petite manivelle; la tige en tournant sur elle-même dégage la tringle en écartant la came; la manivelle qui agit en outre sur le crochet supérieur permet à un montant de s'éloigner de l'autre. La tringle calcinée n'est plus retenue. Elle tombe par son propre poids dans une boîte disposée au-dessous

Digitized by Google

d'un orifice pratiqué dans le disque. On repousse alors le montant mobile contre l'autre ; il s'y accroche de lui-même et la came se loge dans la rainure pour soutenir la tringle neuve.

Faisant pendant à la tige de déclanchement de droite, se trouve, du côté gauche, une quatrième tige carrée pouvant tourner sur elle-même et le long de laquelle se meut librement un petit curseur cylindrique. Ce curseur s'appuie constamment sur le gros curseur de gauche de manière à descendre avec lui et à se trouver toujours à hauteur des pointes des charbons.

Sur le petit curseur est fixée une pince munie d'un morceau de gros charbon de 0,03 de longueur, maintenue verticalement, à une distance telle du curseur que ce charbon peut venir se placer dans l'angle formé par les deux charbons de la lampe. Si la tige carrée tourne sur elle-même de droite à gauche, elle entraîne avec elle le petit curseur, la pince et le gros charbon qui, décrivant un arc de cercle, abandonnent les pointes des charbons et vont se placer en arrière du plan du foyer.

C'est la situation normale de l'appareil pendant la période de repos.

Quand un courant est lancé dans le circuit, celui-ci étant toujours fermé par une bobine de dérivation très résistante, il agit sur une armature commandant un levier qui produit un mouvement tournant de la tige carrée, et par suite du charbon allumeur qui vient se placer aussitôt entre les deux charbons de la lampe.

Le circuit se trouve ainsi fermé par ce charbon, avec une très faible résistance. Le courant prend ce nouveau chemin, abandonnant la bobine ; l'armature n'étant plus retenue ; le levier rendu à lui-même ramène le charbon allumeur dans la position arrière en provoquant l'allumage de la lampe.

Bien que la description ci-dessus puisse paraître un peu compliquée et difficile à suivre, sans le secours de figures, l'ensemble de la lampe est en réalité d'un agencement assez simple.

M. Tihon est arrivé à construire des lampes plus simples encore que leur bas prix permet d'employer dans les ateliers.

Cette nouvelle disposition comprend simplement les deux montants en fonte, fixés sur le disque en stuc ou en bois, et présentant un jeu suffisant pour que la tringle réfractaire y entre

Digitized by Google

facilement. Le petit crochet appuyant sur les charbons est en cuivre taraudé dans la fonte.

Pour supprimer l'allumoir on enduit les tringles réfractaires d'une couche de plombagine sur toute leur longueur. On assure ainsi l'allumage au début; quant au rallumage après extinction accidentel il est inutile ou à peu près; car ces extinctions ne se produisent pour ainsi dire jamais par suite de la faible résistance de la lampe et de l'incandescence de la chaux qui empêche ces extinctions.

D'après M. Tihon, ces dernières lampes reviendraient à peine à 5 francs la pièce. L. Chenut.

NOTE SUR L'ÉLECTROLYSE

APPLIQUÉE A LA SÉPARATION DES MÉTAUX

On trouve à la base de l'électrochimie moderne un principe dû à sir W. Thomson et devenu classique; c'est que, pour dissocier une combinaison chimique par un courant électrique, il faut que l'énergie transportée par le courant soit supérieure à celle qui a été libérée par la formation de cette combinaison. Comme exemple donné généralement, on cite la décomposition de l'eau qui par sa formation dégage 34 450 calories équivalant à 1,5 volt, et qui doit par conséquent, pour être dissociée, exiger un courant d'une force électromotrice supérieure à 1,5 volt.

Or ceci n'est pas absolument juste; car, lorsqu'on cherche à électrolyser l'eau acidulée entre deux électrodes de platine par un courant de force électromotrice inférieure au chiffre ci-dessus, de 1 élément Daniell par exemple, on observe que l'intensité, d'abord assez forte, décroit rapidement (par polarisation des électrodes), puis plus lentement et s'arrête enfin à un degré stationnaire très faible, mais qui n'arrive jamais à être nul.

Evidemment ce faible courant qui persiste prouve qu'il y a une décomposition de l'eau.

Il semble que ce phénomène est contraire à la théorie, cepen-

Digitized by Google

dant il serait, je crois, probablement explicable par des influences secondaires. Quoi qu'il en soit, il acquiert dans la pratique de l'électro-métallurgie une importance capitale comme nous allons le voir par l'exemple suivant :

Si on plonge dans une dissolution de sulfate de cuivre deux électrodes d'argent et qu'on fasse passer un courant, il se dépose sur l'électrode négative, du cuivre provenant de la décomposition du sulfate de cuivre, laquelle décomposition absorbe 29,4 calories. A l'électrode positive il se formera du sulfate d'argent dégageant 10,7 calories. Le total de l'énergie employée par équivalent chimique sera donc :

	29,4
	— 10,7
Calories.	18,7

Pour que les réactions se produisent et que le courant passe il faudrait donc que ce dernier eût une force électromotrice supérieure à 18,7 calories, soit 0,82 volt. Or le dépôt de cuivre et la formation du sulfate d'argent ont lieu, comme j'ai pu m'en convaincre par un grand nombre d'expériences avec un courant de force électromotrice quelconque. Au bout d'un temps d'autant plus long que celle-ci est plus faible (plusieurs jours pour certaines de mes expériences), on voit le liquide se troubler au pôle positif, preuve évidente qu'il y a formation de sulfate d'argent et, comme dans la décomposition de l'eau, l'aiguille du galvanomètre ne tombe jamais à 0 degré.

Les quantités de sels formés ou décomposés sont d'abord très minimes, mais après quelque temps, le sulfate d'argent formé au pôle positif se répand par diffusion dans toute la masse du liquide, arrive au contact de l'électrode négative et se décompose. L'électrode se charge d'argent; le galvanomètre accuse une intensité de plus en plus forte et après quelques heures, il n'y a plus que le sel d'argent récemment formé qui soit électrolysé.

Il a été pris depuis quelques années plusieurs brevets pour des procédés de séparation des métaux par l'électricité, tous basés plus ou moins sur le principe ci-dessus qui, théoriquement peut être juste, mais irréalisable dans la pratique.

Digitized by Google

Ainsi admettons qu'on veuille par l'électrolyse séparer l'argent du cuivre dans un alliage de 3 cuivre et 1 argent. On le suspendra comme anode dans une solution de sulfate de cuivre, vis-à-vis d'une cathode de cuivre et, d'après le principe de Thomson, en faisant passer un courant inférieur à 0,82 volt (de 0,5 volt par exemple) on ne devra dissoudre que le cuivre. Or j'ai pu constater, par un grand nombre d'expériences répétées dans des conditions variées qu'au bout de peu de temps l'argent se dissout aussi et qu'aussitôt l'attaque commencée elle se poursuit rapidement.

On a cherché à expliquer cette anomalie en supposant que, pour l'électrolyse de l'eau, les gaz condensés sur les électrodes se diffusent petit à petit dans le liquide et entretiennent ce faible courant qu'on remarque au galvanomètre.

Il est cependant assez difficile d'admettre qu'un gaz qui n'est pas en liberté, puisque les molécules d'eau n'ont pas été dissociées, puisse quand même se dissoudre dans le liquide. En outre, comment appliquer ce raisonnement aux solutions de sels métalliques?

M. Berthelot, auquel j'exposai il y a quelques mois les résultats de mes expériences me répondit qu'il y avait là probablement un effet de l'oxygène dissous dans l'eau et qu'en tous cas ces anomalies portaient sur des quantités si minimes qu'elles n'étaient pas de nature à infirmer la théorie. Je veux bien admettre ce dernier point; néanmoins le fait reste et s'il a peu d'importance en théorie, il en a une très grande en pratique.

En réalité, pour obtenir la séparation des métaux par l'électrolyse, il faut se baser sur un autre principe bien connu et démontré par l'expérience suivante :

Lorsqu'on plonge dans un bain de sulfate de cuivre une lame de cuivre comme cathode et une lame d'argent comme anode, ces deux métaux forment pile et la différence de potentiel entre elles est 0,29 volt à la lame d'argent. Si donc on met en communication la lame d'argent avec le pôle positif d'une source électrique de 0,29 volt ou moins et la lame de cuivre avec le pôle négatif, le courant sera nul ou négatif.

Supposons maintenant qu'on veuille, comme ci-dessus, séparer par l'électricité les deux métaux d'un alliage de 3 cuivre et 1 ar-

Digitized by Google

gent. On disposera les pièces comme précédemment en réglant seulement le courant de manière que la chute de potentiel de l'anode à la cathode soit toujours inférieure à 0,29 volt. Du reste, et pourvu que cette condition soit remplie, l'intensité et la force électromotrice du courant peuvent être quelconques.

Le cuivre de l'alliage se dissout complètement, et l'argent reste intégralement au pôle positif en masse poreuse conservant la forme de la pièce primitive.

J'ai pu de la même façon séparer le zinc du cuivre, l'or de l'argent, l'argent du plomb, etc., et même le nickel du cobalt et du fer.

L. Lossier.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Gaz et lumière électrique. — Il est satisfaisant de constater que, dans l'espace de deux années, l'éclairage électrique a fait, dans l'esprit des gaziers, quelques progrès. Pour quiconque a les yeux ouverts, cela ne fait l'objet d'aucun doute; mais pour la gent gazière qui est intéressée à regarder par le gros bout de la lunette, un aveu, si petit qu'il soit, est un point acquis et sur la signification duquel il n'y a pas à se tromper.

Dans le numéro du 15 septembre 1881 (n° 11) de ce journal, nous citions textuellement la portion du discours prononcé le 12 août 1881 par le président de la *Gas Light and Coke C°* lors de l'Assemblée générale semestrielle des actionnaires de cette compagnie. L'honorable M. R. Howe Browne, dans cette occasion, s'exprimait ainsi :

« Naturellement notre compagnie est très affectée, et même prin-
« cipalement affectée par l'agression de la lumière électrique, et,
« depuis notre dernière Assemblée, une portion considérable de la
« City a été éclairée par ce procédé. Je n'ai jamais partagé l'opinion,
« nourrie par certains individus, que la lumière électrique rempla-
« cerait le gaz. Le grand défaut de l'électricité c'est qu'on ne peut pas
« maintenir un éclairage continu... Quant à l'introduction de l'élec-
« tricité pour les usages domestiques, il n'y a aucune crainte; je
« pense que les difficultés à surmonter sont beaucoup trop grandes
« pour aucune science humaine. »

La *Gas Light and Coke C°* vient d'englober la *London Gas Light C°*, ces deux compagnies ayant amalgamé leurs intérêts le 30 juin dernier;

Digitized by Google

et, à deux années de distance, le 10 août 1883, une réunion générale semestrielle d'actionnaires de la même compagnie ainsi augmentée avait lieu dans laquelle le nouveau président, colonel Makins, membre du Parlement, trouvait inévitable de faire allusion à l'éclairage électrique. Cette fois, le discours avait lieu en ces termes :

« En ce qui concerne l'éclairage électrique, je ne le considère « pas beaucoup dans le sens d'un rival, *mais plutôt d'un collègue* dans « l'éclairage général de la métropole, et je ne pense pas que nous « ayons rien à craindre des progrès qu'il est en train de faire.

« Quant à la position de la compagnie, quels sont les dangers en « vue et les compensations avantageuses? Je crois que les deux dan- « gers principaux sont : premièrement la concurrence, principalement « avec l'éclairage électrique, sujet que je viens de traiter, et le prix « de la matière première. Nous devons aller au-devant de la concur- « rence en faisant tout notre possible pour réduire le prix du gaz « autant que cela sera possible, en améliorant la fabrication, surveil- « lant les marchés et contrôlant les frais... » Le colonel Makins laisse évidemment percer le bout de l'oreille lorsque, dans l'intervalle de deux phrases consécutives, il dit ne pas penser avoir rien à craindre des progrès de l'éclairage électrique, et immédiatement après que l'un des deux dangers qu'ils ont à confronter est la concurrence, principalement avec l'éclairage électrique. Il ne faut, naturellement, pas attacher plus d'importance qu'elles n'en comportent aux élucubrations de présidents de compagnies, les attributions de ceux-ci les obligeant quelquefois à colorer en rose les points qui, vus sous leurs couleurs naturelles, pourraient paraître noirs aux actionnaires ; mais une telle différence d'opinion intéressée, se produisant à deux années de distance, méritait d'être notée. Ajoutons, en terminant, puisque les circonstances nous ont amené à parler des compagnies de gaz, que par la fusion précitée, le nombre de compagnies de gaz alimentant la métropole se trouve réduit à trois : la *Gas Light Coke et C°*, et les compagnies *South Metropolitan* et *Commercial*. La *South Metropolitan Gas C°* elle-même est le résultat de la fusion des compagnies *South Metropolitan*, *Surrey* et *Phœnix*. Des fusions ultérieures sont en projet, et il est probable que, sous peu, le monopole de l'éclairage de Londres se retrouvera entre les mains d'une seule compagnie.

Le gaz, à partir du 1er janvier 1884 sera vendu, par la *Gas Light et Coke C°* à raison de trois shillings par 1000 pieds cubes ou 0fr,1355 par mètre cube; le prix actuel de la *South Metropolitan Gas C°*, aux abonnés, est de deux shillings dix pence (2s,10d) par 1000 pieds cubes ou 0fr,1245 par mètre cube.

Digitized by Google

Éclairage électrique des navires. — L'éclairage électrique des navires, dont nous avons, de temps en temps, cité des cas isolés, se généralise et il se passe peu de jours où l'occasion ne se présente d'ajouter le nom de nouveaux navires à la liste déjà longue de ceux auxquels ce mode d'éclairage a été appliqué.

Pour les navires, les avantages dus à l'éclairage électrique sont tellement considérables d'une part; et, d'autre part, le champ est tellement libre, c'est-à-dire dénué de concurrents sérieux, qu'il faut s'attendre à traiter comme exception, dans un avenir très prochain, tout steamer qui ne sera pas éclairé électriquement.

La compagnie anglaise exploitant les procédés Edison vient de signer un contrat pour l'installation de l'éclairage électrique à bord de trois grands steamers en construction dans les chantiers de MM. John Elder et C°, de Glaisgow. Ces navires, lancés il y a quelques jours, doivent faire partie de la flotte de la compagnie des steamers de la Nouvelle-Zélande, et seront éclairés, en totalité, par des lampes à incandescence système Edison. Les moteurs et les machines dynamo-électriques seront installés en double, de manière à avoir une réserve en cas d'accident. Ces navires ont 125 mètres de long, 14 mètres de large et 10 mètres de profondeur, avec un tonnage de 4200 tonneaux.

La Commission des Phares Irlandais. — Le secrétaire du *Board of Trade* vient d'écrire à M. A. Vernon, Harcourt, au docteur Hopkinson et à M. Wigham, une lettre circulaire dans laquelle il dit : « Je suis « chargé, par le *Board of Trade*, de vous faire part que les questions « personnelles agitées dans les discussions ne laissent pas espérer « une entente unanime dans une décision quelconque de la commis- « sion. Il ne peut donc y avoir aucun avantage à demander à la « Commission de continuer ses travaux et j'ai, par conséquent, à « notifier sa dissolution, avec les remerciements du *Board of Trade* « pour la peine que les membres de la commission ont prise. » L'on se rappelle que les différents événements qui se sont passés au sein de ladite commission ont été la cause de la résiliation du professeur J. Tyndall du poste de Conseiller scientifique du *Board of Trade*.

Les expériences que la commission avait pour but de conduire seront faites indépendamment par les différents services et les recommandations auxquelles elles pourront donner lieu seront ensuite examinées par le *Board of Trade*.

Une nouvelle source de caoutchouc. — Dans le numéro du 1er août de cette publication (n° 56), nous donnions la description d'un succé-

Digitized by Google

dané du caoutchouc, inventé et breveté par un chimiste allemand. Le paragraphe suivant, extrait du *Times* et ayant rapport à une nouvelle source de caoutchouc, sera donc tout d'intérêt et d'actualité :

« L'attention du Gouvernement indien vient d'être attirée sur une « nouvelle plante, commune dans l'Inde méridionale, qui donne des « quantités abondantes de caoutchouc pur. Elle appartient à la « classe des apocynées et s'appelle *Prameria glandulifera;* elle est « originaire des forêts de la Cochinchine où son jus liquide est sou- « vent employé comme médecine par les Annamites et les Cambod- « giens. Les Chinois l'appellent *tuchung* et ce produit est un ingrédient « fréquent dans le matériel médical chinois, sous forme de fragments « noircis d'écorce ou de petites branches. Il est importé, dans ce pays, « de la Cochinchine, le prix de l'écorce, après avoir été fumée au sec, « étant d'environ 40 centimes le kilogramme. Lorsqu'on casse les « branches, l'on peut voir, dans l'intérieur, une quantité abondante « de caoutchouc, qui peut être étiré en fils comme le Landelphia de « l'est de l'Afrique. La plante peut être propagée par la plante des « jeunes pousses, et M. Pierre, directeur du jardin botanique de « Saïgon pense qu'elle peut être plantée dans des réserves quand elle « n'a pas dépassé dix années, et qu'elle peut constituer une addition « d'une grande valeur économique à l'industrie forestière indienne. »

Une exposition des Arts et de l'Industrie vient de s'ouvrir dans les États-Unis de l'Amérique du Sud, à Louisville (Kentucky) et paraît devoir être un très grand succès. L'une des sections de cette exposition a rapport aux moyens de transport des marchandises, et il est satisfaisant de constater que l'un des quatre groupes en lesquels cette section est subdivisée est la traction électrique, les trois autres subdivisions étant les forces animales, du vent et de la vapeur.

Accident du a l'éclairage électrique. — Dernièrement, alors que le gouverneur de Gibraltar, lieutenant-général sir John Adye, était reçu à dîner à bord du *Dandolo*, par l'amiral italien, des conducteurs de l'éclairage électrique se sont fondus et ont produit un commencement d'incendie qui a pu cependant être éteint avant d'avoir causé aucun dommage sérieux.

Téléphonie. — Un inventeur, M. Saint-George, vient de produire un téléphone pour lequel il réclame les avantages suivants : suppression absolue du bruit métallique donné à la voix ou autres sons; dans d'autres téléphones dans lesquels un diaphragme métallique est employé, ce résultat est obtenu en substituant au diaphragme métal-

Digitized by Google

lique un disque mince de placage d'acajou; aucun ajustement n'est requis dans aucune partie du système; les instruments peuvent être déplacés et transportés dans n'importe quelle position ou embarqués pour l'étranger, aucune adresse n'étant requise pour leur installation; toute conversation transmise par cet instrument est non seulement enregistrée, mais peut être reproduite ultérieurement. Ce dernier résultat est obtenu de la manière suivante : un disque circulaire de verre, enduit de collodion, et rendu aussi sensible qu'une plaque photographique, est placé dans une chambre noire dans laquelle une voie est pratiquée pour l'admission d'un rayon lumineux. En regard du verre est un diaphragme téléphonique lequel, par ses vibrations, ouvre et ferme un petit volet par lequel un rayon de lumière passe constamment, en imprimant une ligne noire sur le verre. Les vibrations du volet font varier la largeur de la ligne noire, suivant les intonations de la voix. La plaque de verre est animée d'un mouvement rectiligne qui lui est communiqué par un train d'horlogerie, et la conversation, à mesure qu'elle passe par le téléphone, est enregistrée sur la plaque sensibilisée, à la manière d'une épreuve photographique. La plaque peut être ramenée en position et étant replacée dans la machine et reliée à un téléphone distant, répéter la conversation lorsque la machine est mise en mouvement.

Nous saisissons le laborieux procédé au moyen duquel un speech téléphonique est inutilement reproduit par cet appareil compliqué, mais avouons ne pas comprendre l'action réciproque. Dans le phonographe d'Edison, le diaphragme, à la répétition, est mis en mouvement par le stylet qui lui est attaché, et lequel lui-même reçoit un mouvement alternatif qui lui est communiqué par les impressions précédemment reçues par la feuille d'étain; mais si subtil que soit un rayon lumineux ou une impression photographique nous ne voyons pas comment ils arriveront, en passant devant un diaphragme, à faire vibrer celui-ci soit directement soit par l'intermédiaire d'un volet.

Nous croyons, d'autre part, que le plus tôt que l'on saura se résigner à traiter la conversation téléphonique comme la conversation ordinaire sera le meilleur; car s'il y a des raisons pour conserver des traces d'une conversation téléphonique, il n'y en aura pas pour n'en pas conserver des conversations ordinaires, et l'on voit où cela pourrait nous conduire. Le progrès actuel consiste au contraire à simplifier autant que possible, et les Américains sont depuis longtemps entrés dans cette voie en supprimant, dans leur service, la trace des dépêches télégraphiques dont les originaux eux-mêmes sont remis aux destinataires.

Digitized by Google

Un téléphone privé. — M. John Burns, un marchand de Glasgow, vient de faire relier ses bureaux, situés dans cette ville, avec sa résidence particulière située à Wemyss Bay, une distance de 52 kilomètres, par un fil téléphonique. C'est, croyons-nous, la plus grande ligne téléphonique privée en existence. Cette installation a été exécutée par le Post Office de Glasgow et le système adopté est le Gower-Bell.

Une des particularités de cette ligne, c'est qu'elle est à l'abri de toute induction pouvant provenir des fils voisins. Pour obtenir ce résultat non seulement a-t-on employé un fil de retour, mais les fils d'aller et de retour ont été posés, sur tout le parcours, de manière à tourner l'un autour de l'autre à la façon de deux torons d'une corde, mais sans jamais se toucher.

Si l'on suppose sur chaque bras de chaque poteau quatre positions formant les quatre sommets des angles droits d'un carré

1 2

3 4

l'on aura une idée de l'arrangement des fils en se figurant que le fil est d'aller attaché à l'isolateur 1 sur le premier poteau, à 2 sur le second, 3 sur le troisième, 4 sur le quatrième, 1 sur le cinquième et ainsi de suite en recommençant et suivant la série. Ce fil représente donc une hélice très allongée. Le fil de retour qui, sur le premier poteau est attaché à l'isolateur 4 (à l'angle opposé à 1) sera, sur le deuxième poteau attaché à l'isolateur 3, puis à l'isolateur 1 sur le troisième poteau, 2 sur le quatrième poteau, et 4 de nouveau sur le cinquième poteau, etc., figurant une hélice très allongée, parallèle à celle formée par le fil d'aller.

De la sorte, et sans l'aide d'aucune substance isolante, les effets d'induction pouvant provenir des fils voisins, se neutralisent dans les deux fils; si sur la ligne un fil vient à s'approcher de trop près de l'un des deux fils de cette ligne téléphonique, du fil d'aller, par exemple, ce même fil se trouve, dans l'intervalle de quatre poteaux, à la même distance du fil de retour qui occupe, dans cet intervalle, une position correspondante au fil d'aller, et les effets d'induction se trouvent neutralisés.

L'isolation électrique de cette ligne est tellement parfaite, au point de vue de l'induction, que ni le passage des trains le long du parcours, ni les communications télégraphiques passant jour et nuit dans les fils parallèles voisins, n'en viennent déranger la solitude, l'instrument restant parfaitement silencieux. D'autre part, les trains qui passent à une certaine distance de l'office central des téléphones, à

Digitized by Google

Glasgow, peuvent être distinctement entendus à Wemyss Bay, et empêchent la conversation qui doit être interrompue jusqu'à ce que le train ait passé, ou que le bruit puisse être exclu de la chambre.

Chemin de fer électrique en Irlande. — Le chemin de fer électrique de Portrush à Bushmills ou Bush Mills, comme ce dernier endroit est aussi désigné, et dont nous avons parlé dans le numéro du 1er décembre 1881 (n° 16) de cette publication, va être inauguré le 14 courant; et cette cérémonie doit être l'occasion d'une visite du vice roi d'Irlande, lord Spencer.

La force motrice temporaire est une machine à vapeur, laquelle actionne une machine dynamo excitée en dérivation, de la force de 20 chevaux; la machine à vapeur sera ultérieurement remplacée par trois turbines de 40 chevaux chacune. Ces turbines sont en cours de construction et seront actionnées par une chute d'eau située près de Bush Mills. La vitesse maxima réglementaire, imposée par le *Board of Trade*, de 16 kilomètres à l'heure sera, d'après sir William Siemens, facilement atteinte. Sur une portion de la ligne existe une rampe de 1/38, sur une longueur de 3500 mètres. Une extension de 10 kilomètres, jusqu'à Dervock, est prévue, et reliera ce chemin de fer au système du nord de l'Irlande. Nous tiendrons nos lecteurs au courant de cette inauguration.

Distribution d'électricité. — Une société a été formée, en Angleterre, pour l'exploitation des procédés Gaulard et Gibbs, sous le nom de *the National Company for the Distribution of Electricity by Secondary Generators, Limited* (ce titre est presque aussi fatigant que celui de la Société Générale pour développer, etc.).

Une installation de démonstration, et probablement préliminaire au lancement d'une plus grande compagnie est en voie de formation, la compagnie ayant l'avantage de pouvoir, dans cette circonstance, utiliser le tunnel du chemin de fer Métropolitain pour la pose de ses conducteurs.

Il est proposé d'éclairer cinq stations distantes les unes des autres par des systèmes variés, savoir : Aldgate, Aldersgate, Farringdon Street, King's Cross, et Edgware Road. La machine dynamo-électrique, une machine dynamo-électrique à courants alternatifs de Gramme, de 60 foyers Jablochkoff est en place, et la pose des conducteurs, dans le tunnel et dans les stations, entreprise par les soins de la maison Henley, est en bonne voie d'avancement.

Society of telegraph-engineers and electricians. — La liste des

Digitized by Google

membres de cette société vient de paraître. Cette liste, arrêtée au 30 juin 1883 donne les chiffres suivants :

Membres honoraires	4
Membres étrangers	174
Membres	367
Associés	625
Étudiants	30
Total	1200

J.-A. BERLY.

NOUVELLE PILE AU PEROXYDE DE MANGANÈSE

PAR M. GEORGE LEUCHS

La pile Leclanché se distingue par sa simplicité, sa faible résistance intérieure et ce fait important que l'action chimique cesse dès que le courant est interrompu, mais le zinc et le chlorhydrate d'ammoniaque s'y transforment en produits inutilisables.

M. G. Leuchs remplace le sel ammoniac par une solution de soude ou de potasse caustique à 12 ou 15 pour 100, et le zinc par une lame de plus grande surface. Il obtient ainsi une pile puissante et sans odeur, présentant toutes les qualités de l'élément Leclanché et permettant le renouvellement de la solution de potasse et de l'électrode négative.

La f. e. m. de cet élément atteint 1,9 volt et sa résistance intérieure est aussi moins considérable, il offre donc, à surface égale, un plus grand débit. La solution de potasse ne cristallise que difficilement, le zinc reste propre, le renouvellement d'eau devient inutile et la pile ne consomme qu'en circuit fermé.

Lorsque la lessive de potasse est épuisée, M. Leuchs la régénère de la façon suivante :

On retire le liquide des piles, en le met dans un vase convenable en ajoutant au liquide l'eau perdue par évaporation, et on l'agite fortement à la température ordinaire en ajoutant de l'oxyde de zinc hydraté. La plus grande partie du zinc dissous chimiquement par la potasse se précipite sous forme d'hydrate de zinc avec un peu de carbonate. On laisse reposer la solution, on décante et on remet le liquide clair dans les piles. Les éléments chargés avec cette lessive régénérée ont encore une plus grande f. e. m. que dans le montage à neuf, parce que le traitement a enlevé certaines matières nuisibles

Digitized by Google

telles que du soufre, du chlore, de l'acide sulfurique, etc., qui souillaient le charbon. La régénération du pôle positif s'effectue d'elle-même, sans l'action oxydante de l'air, si l'on a soin de laisser une partie de l'électrode hors du liquide. On hâte la régénération en exposant les électrodes à l'air. On doit alors faire usage de lames minces ou de charbon tubulaire. La lessive alcaline doit recouvrir entièrement le zinc ; l'air doit arriver librement sur la pile et la solution de potasse remplacée dès qu'elle est épuisée (*Chem. Zeit.*).

SUR LA FORCE ÉLECTROMOTRICE, LA RÉSISTANCE ET LE RENDEMENT DES ACCUMULATEURS

PAR M. W. HALLWACHS

Professeur à l'Institut de physique de l'Université de Strasbourg [1].

(SUITE ET FIN) [2]

II. — *Résistance.*

La résistance des accumulateurs suit en général la courbe indiquée par la figure 5. Cette courbe se modifie cependant légèrement suivant les conditions d'expérience, suivant les valeurs de I, T, i et t, et suivant la force de la charge et le degré de formation.

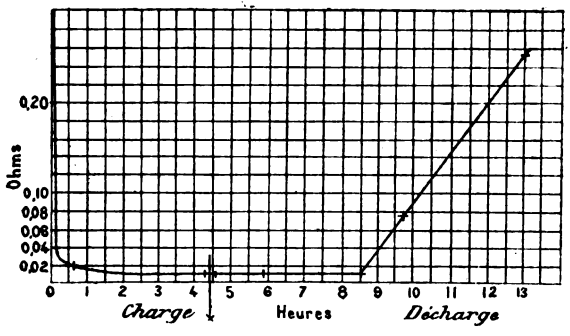


Fig. 5. — Résistance.

La résistance pendant la charge tombe rapidement à une valeur qui reste à peu près constante pendant la durée ultérieure de celle-ci. Cette valeur dépend un peu de l'ensemble des charges et décharges antérieures. Elle atteignait pour :

[1] Extrait de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, mai 1883.

[2] Voy. l'*Électricien* du 15 septembre 1883, n° 59, page 276.

Digitized by Google

L'élément I.	de	0,009 à 0,014 ohm.
— II.		0,020 à 0,025 —
— III.		0,015 —
— IV.		0,015 —

Pendant la décharge la valeur de r reste d'abord constante, puis elle s'élève selon toute apparence proportionnellement à la durée; ce redressement coïncide avec la chute rapide de e. La décroissance de la résistance au début de la charge s'explique parfaitement par la substitution de l'oxyde PbO^2 ou même de Pb, bons conducteurs, à un oxyde mauvais conducteur. Le phénomène inverse explique l'accroissement de r pendant la décharge.

III. — *Rendement.*

Pendant la charge d'un accumulateur, le courant provenant d'une source quelconque et s'écoulant entre les deux pôles de l'accumulateur fournit un travail:

$$L = \int IE'dT = \int IEdT + \int I^2RdT = L_e + L_r,$$

expression dans laquelle les intégrales doivent s'étendre à la durée totale de charge. L_e est le travail électrolytique, L_r la chaleur développée dans l'élément selon la loi de Joule. Pendant la décharge de l'accumulateur à travers une résistance ρ, on a pour l'expression du travail fourni, quand il ne se produit aucune action extérieure:

$$l = \int eidt = \int i^2\rho dt + \int i^2rdt = l_\rho + l_r;$$
$$(i\rho = e')$$

l_ρ étant le travail extérieur, l_r la chaleur développée suivant la loi de Joule. Dans quelles limites doivent être prises ces dernières intégrales? Cela demande quelque explication. L'élément abandonne avec une telle lenteur les dernières traces d'énergie disponible, qu'on se voit dans la nécessité d'interrompre la décharge à un moment donné. Cet instant est déterminé par la nature du travail fourni par l'élément. La courbe (fig. 6) qui représente i^2r en fonction de t indique pour l'interruption de la charge le moment où i^2r s'est considérablement abaissé. Pour me rendre compte de ce que l'élément pouvait rendre encore réellement en travail pendant une période ultérieure, j'ai, dans deux expériences, prolongé la décharge deux jours de plus, et pendant ce laps de temps je n'ai pu obtenir que 3 pour 100 environ du travail précédemment fourni par l'élément.

Les intégrales L, L_r, l et l_r étaient obtenues de la manière suivante. Les fonctions à intégrer étaient calculées d'après les valeurs observées

Digitized by Google

et portées en ordonnées sur les temps comme abscisses. Les extrémités des ordonnées étaient reliées par des courbes et les surfaces correspondantes étaient obtenues à l'aide d'un planimètre polaire, et parfois, quand la courbe s'y prêtait, par un simple développement sur papier quadrillé.

Dans le cas le plus favorable, la décharge de l'élément fournissait

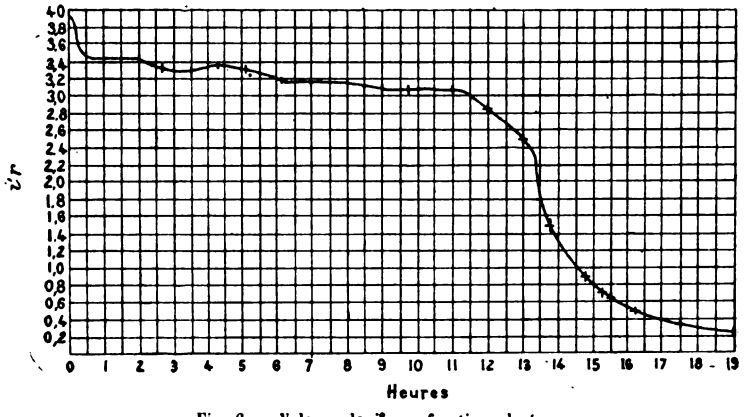


Fig. 6. — Valeurs de i^2r en fonctions de t.

autant de travail que l'électrolyse en avait emmagasiné en lui. Mais des actions secondaires faisaient perdre, à la décharge, une partie du dernier travail. Le rapport du travail récupéré à la décharge au travail électrolytique de charge s'appelle le rendement *électrique ;* plus brièvement, le rendement.

$$N = \frac{l}{L_e}.$$

Les deux circonstances suivantes font perdre à l'accumulateur une partie de l'énergie emmagasinée. D'abord, à la charge, la totalité des sons ne se combine pas avec la substance des électrodes, une portion s'échappe sous forme de gaz. L'intensité de ce dégagement gazeux dépend de l'intensité et de la durée de la charge. En second lieu il se développe entre le plomb et le peroxyde de plomb de l'anode, comme l'ont démontré MM. Gladstone et Tribe, des courants locaux qui réduisent une portion du peroxyde de plomb formé, portion croissante avec la durée de l'expérience. La puissance de ces deux phénomènes dépendant de l'intensité de la charge et de la durée de l'expérience, le rendement doit aussi dépendre de cette dernière. J'ai cherché à déterminer cette relation pour trouver les condi-

Digitized by Google

tions les plus favorables au rendement. J'ai d'abord opéré sur l'élément I qui, à en juger par quelques épreuves antérieures, donnait le meilleur rendement. J'ai fait varier l'intensité et la durée de l'expérience. Mais le rendement augmentait au cours de l'expérience d'une façon telle que j'ai dû supposer que l'élément s'était modifié, ce qui résulte des expériences suivantes.

1. *Relation entre le rendement et l'ancienneté de service de l'accumulateur.* — D'une manière générale le rendement N croit avec l'ancienneté de service de l'accumulateur ; mais une nouvelle décroissance de ce rendement précède la destruction de la pile :

NUMÉRO DE L'ÉLÉMENT.	NUMÉRO DE L'EXPÉRIENCE.	N.	T (durée de la charge).	I_e (intensité moyenne de charge).	ρ (résistance extérieure de décharge).
			heures.		
I [1]	6	0,21	4	3,9	0,138
I	16 [2]	0,47	4	4	0,135
I	20 [3]	0,48	4	4	0,135
I	22 [4]	0,28	4	4,2	0,118
II	21	0,23	4	4,1	0,135
II	23 [5]	0,32	4	4	0,113

[1] L'élément I avait été, avant cette expérience, d'abord employé pendant deux mois environ à l'éclairage, puis, après un mois de repos, rechargé et déchargé à peu près dix fois.

[2] L'élément avait été chargé et déchargé environ 20 fois dans l'intervalle.

[3] L'élément avait été chargé et déchargé 4 fois dans l'intervalle.

[4] L'élément avait été dans l'intervalle chargé 27 fois et rechargé chaque fois après un repos de douze heures. L'élément I se détruisit dans l'épreuve qui suivit la 22e.

[5] L'élément II avait été formé par M. Tommasi, et longtemps employé à divers usages avant cette expérience.

Quand j'ai eu constaté l'influence considérable de l'usage prolongé de l'élément sur le rendement, la détermination de la relation entre cet effet et l'intensité de la charge et sa durée m'a semblé sans intérêt. Les expériences déjà faites, quoique ne pouvant pas être poussées à fond dans ce sens, en raison de la variabilité de l'élément, suffisaient à montrer dans quelles limites il fallait maintenir la durée et l'intensité de la charge pour ne pas laisser le rendement notablement au-dessous de sa plus haute valeur. La comparaison des épreuves suivantes doit permettre de déterminer ces limites.

2. *Relation entre le rendement et l'intensité de charge.*

Élément.	Expérience.	I_e.	N.	T.	ρ
I	7	17,1	0,24	4 h.	1,156
I	8	1,1	0,06	4	1,156

Digitized by Google

Ces deux expériences montrent que, toutes les autres conditions restant les mêmes, pour $I_0 = 17$ le rendement est beaucoup plus considérable que pour $I_0 = 1$.

Elément.	Expérience.	I_0.	N.	T.	ρ
I	11	7,2	0,37	4 h.	1,136
I	12	10,8	0,34	4	1,136

Par contre, ici le rendement est plus élevé pour $I_0 = 7$ que pour $I_0 = 11$. L'ensemble de ces deux séries d'expériences indique que N doit passer par un maximum pour une valeur de I_0 comprise entre $I_0 = 1$ et $I_0 = 11$.

Élément.	Expérience.	I_0.	N.	T.	ρ.
I	16	4,0	0,47	4 h.	0,135
I	17	6,6	0,49	4	0,195
I	20	4,0	0,48	4	0,135

Pour $I_0 = 4$, N n'est que très peu inférieur à sa valeur pour $I_0 = 7$; mais pour $I_0 = 7$ il est plus considérable que pour $I_0 = 11$.

Le maximum du rendement se trouve ainsi quelque part entre 4 et 11 ampères. Entre ces limites la valeur de N ne présente que peu d'oscillations; on doit éviter pour la charge les faibles aussi bien que les très grandes intensités.

3. *Relation entre le rendement et le temps de charge* :

Élément.	Expérience.	T.	N.	I_0.	ρ.
I	11	4 h.	0,37	7,2	1,137
I	13	7	0,40	7,4	1,136
I	14	1	0,45	6,7	1,142

Le rendement, augmentant avec l'ancienneté de service de l'élément, peut ne dépendre que très peu de la durée de la charge, entre les limites données de une et sept heures, pour une intensité de 7 ampères. Le même effet se produit pour une intensité $I_0 = 1$.

Élément.	Expérience.	T.	N.	I_0.	ρ.
I	8	4 h.	0,06	1,1	1,137
I	9	15	0,09	1,0	1,137

4. Les expériences faites n'ont pas permis de voir *si le rendement est fonction de la résistance extérieure de décharge.*

5. Un intervalle entre la *charge et la décharge* détermine pour l'élément une perte d'énergie disponible, si pendant cet arrêt on retire les électrodes du liquide.

Élément.	Expérience.	T.	I_0.	ρ.	N.
I	10	4 h.	6,9	1,137	0,10 [1]
I	11	4	7,2	1,137	0,37

[1] Entre la charge et la décharge, intervalle de quatorze heures pendant lequel les électrodes ont été retirées du liquide.

Digitized by Google

6. *Valeur maximum du rendement.* — La plus haute valeur de rendement à laquelle je sois arrivé a été de 0,50; elle a été fournie par l'expérience 15 :

Élément.	Expérience.	T.	I_0.	ρ.	N.
I	15	4 h.	8,3	0,5	0,50

Travail développé dans l'élément sous forme de chaleur suivant la loi de Joule.

a. *Charge.* — Pratiquement, on doit chercher, dans l'emploi des accumulateurs, à rendre aussi faible que possible le rapport du travail développé sous forme de chaleur (L_r) suivant la loi de Joule, au travail total de charge (L).

$\frac{L_r}{L}$ est d'abord plus considérable pour une courte durée de charge que pour une longue durée, comme l'indiquent les observations suivantes :

T.	I_0.	$\frac{L_r}{L}$	Expérience.	Élément.
1 h.	6,7	0,139	14	I
4	6,9	0,055	10	I
7	7,4	0,047	13	I
4	1,1	0,089	8	I
13	1,0	0,017	9	I

$\frac{L_r}{L}$ est d'ailleurs particulièrement élevé pour de très forts et de très faibles courants; ce rapport a sa moindre valeur pour les intensités correspondant au rendement maximum.

T.	I_0.	$\frac{L_r}{L}$
4 h.	17	0,22
4	11 à 8	0,07
4	7 à 4	0,03 à 0,05
4	1	0,10

Les variations de $\frac{L_r}{L} = \frac{\int I^2 R\, dT}{\int I E'\, dT}$ s'expliquent aisément quand on considère le rapport de la résistance R à la différence de potentiel E'.

b. *Décharge.* — Il est encore intéressant de connaître le rapport du travail l_r fourni dans l'élément par la décharge à celui l_ρ produit dans le circuit extérieur.

$\frac{l_r}{l_\rho}$ est à peu près proportionnel à la résistance extérieure; il présente les valeurs suivantes quand pour remplir l'élément on emploie SO^4H^2 étendu au dixième :

Digitized by Google

ρ.	$\frac{L_r}{L_\rho}$	I_0.
1,14	0,02 à 0,03	1,7
0,50	0,04	3,8
0,19	0,11	9,4
0,11	0,17	13,0

Contenance maximum de l'accumulateur en énergie disponible. — Le travail maximum a été fourni par l'élément I dans l'expérience 13; il a été en chiffres ronds de 175 000 V $\times$ A $\times$ S, ou de 18 000 kilogrammètres. Cet élément pesait 8,1 kilogrammes, dont 6 kilogrammes appartenaient aux électrodes. 1 kilogramme de plomb emmagasinerait ainsi en chiffres ronds 3000 kilogrammètres. Je n'ai pas fait d'expériences spéciales pour déterminer la contenance maximum de la pile en énergie disponible. D'après des expériences d'éclairage, je crois cependant pouvoir admettre qu'un élément pourrait peut-être emmagasiner en chiffres ronds 20 000 kilogrammètres.

Durée de service de l'élément. — L'élément I avait, avant de me parvenir, servi deux mois à l'éclairage et avait été chargé presque tous les jours.

Pendant mes expériences, je lui ai fourni jusqu'à sa destruction 1,2 millions de kilogrammètres environ en énergie électrique par les charges que je lui ai données, ce qui correspond à un usage d'un mois avec une charge par jour. L'élément avait ainsi supporté en tout un fonctionnement de trois mois avec une charge par jour.

Jetons maintenant un regard sur les autres éléments.

Nous avons vu d'après l'élément I que, pratiquement, ce qui importe le plus dans l'emploi des accumulateurs, c'est d'éviter les valeurs extrêmes d'intensité et de durée de charge, mais que, dans des limites assez étendues, le rendement ne varie pas très sensiblement avec les conditions d'expérience. Il m'a semblé peu utile de déterminer par de plus longues séries d'épreuves, spécialement disposées dans ce but, les grandeurs de ces valeurs extrêmes pour les autres éléments; je crois au contraire que ces valeurs doivent se déterminer pendant le fonctionnement pratique de l'accumulateur. J'ai actionné avec les divers éléments un appareil d'induction, et plus souvent encore porté des fils à l'incandescence, en faisant à cet effet varier les conditions de charge. Dans les conditions d'expériences qui, à en juger par cette utilisation pratique, me semblaient les plus favorables, j'ai déterminé séparément les rendements pour les éléments II, III et IV.

A l'usage, l'élément III est celui qui, en ce qui touche le rendement, s'est montré le plus inférieur comparativement aux autres. Voici le résultat d'une expérience faite sur lui :

T.	I_0.	ρ.	N.
3 h	6,1	0,135	0,08

Digitized by Google

L'élément II a donné :

T.	I_0.	ρ.	N.
4 h.	4.1	0,135	0,23

Pour bien m'assurer que, pour cet élément aussi, N dépendait de sa durée de service, je l'ai chargé 27 fois d'après l'expérience ci-dessus citée et l'ai chaque fois déchargé de nouveau après un intervalle de douze heures. Ainsi que je l'ai fait remarquer précédemment, j'ai constaté un accroissement de N avec la formation.

L'élément IV, que j'ai eu vers la fin de mes recherches, pouvait, à en juger par des expériences d'éclairage, donner, dans des conditions déterminées, après un usage un peu prolongé, un rendement de 50 pour 100 environ. Je l'ai d'abord employé dans une expérience avec une intensité de charge extrêmement considérable et j'en ai cependant obtenu un rendement assez remarquable.

I_0.	T.	ρ.	N.
21,4	2 h. 5	0,30	0,20

Dans les conditions d'expérience qui, d'après l'emploi, paraissaient les plus favorables à l'élément, j'ai ensuite entrepris une autre épreuve qui a donné :

T.	I_0.	ρ.	N.
4 h.	3,6	0,12	0,405

Avant de me parvenir l'élément n'avait pas encore été complètement formé, et il avait été chargé et déchargé par moi environ 10 à 20 fois avant l'expérience.

Je terminerai par quelques observations sur le travail mentionné plus haut de MM. Allard, Potier, Le Blanc, Joubert et Tresca. Les *Comptes rendus* n° 94, page 200, en donnent un court résumé; on en trouve une relation plus étendue dans la *Lumière électrique*, tome VI, page 110, relation dont l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, 1882, page 149, a publié la traduction. Cette traduction contient en même temps quelques remarques critiques. M. Aron a de son côté déjà montré l'insuffisance de ce travail sur plusieurs points. Je renvoie le lecteur à ces critiques et relèverai seulement ici quelques erreurs qui ressortent des résultats du travail en question.

De leurs expériences, les auteurs tirent, relativement à la force électromotrice et à la résistance de leurs accumulateurs, des conclusions qui ne sont pas admissibles, car elles ne tiendraient pas compte de ce que les forces électromotrices de la pile sont différentes en circuit ouvert ou en circuit fermé. Ces conclusions comportent d'autres conséquences que les auteurs font ressortir, à savoir que,

Digitized by Google

pour obtenir un bon rendement, il faut charger avec des courants aussi faibles que possible, ce qui est contraire à mes expériences.

Le rapport est muet d'ailleurs sur les antécédents de la pile de 35 éléments employée dans l'expérience. Mais il y est dit qu'au début de la charge elle possédait en circuit ouvert une force électromotrice de 72 volts; elle n'était donc pas complètement déchargée, autrement elle n'aurait eu que 14 volts tout au plus en circuit ouvert. Les éléments employés dans mes expériences n'avaient jamais, après décharge complète, que 0,4 volt de force électromotrice au maximum. Quant à l'énergie disponible restant encore dans la batterie, les chiffres donnés pour la force électromotrice en circuit ouvert ne permettent pas de la déduire. Il en ressort que cette dernière atteignait toujours encore 72 volts comme au début, alors même que la batterie

CHARGE.					DÉCHARGE.				
NUMÉRO DE L'ÉLÉMENT.	NUMÉRO DE L'EXPÉRIENCE.	T en heures.	I_0.	L_e en 10^3 V. A. S.	r.	t en minutes.	l en 10^3 V. A. S.	i_0.	N.
I	2[1]	10	6,9	800	0,22	125	224	10,1	0,28
I	5	1	19,4	110	0,132	5	7,1	15,2	0,06
I	6	4	5,9	122	0,158	15	26	15	0,21
I	7	4	17,1	533	1,136	590	150	1,8	0,24
I	8	4	1,1	55,7	1,157	12	2	1,7	0,06
I	9	15	1	95,3	1,157	48	8,6	1,6	0,09
I	10[2]	4	6,9	225	1,137	178	33,7	1,6	0,105
I	11	4	7,2	235	1,137	455	87,8	1,7	0,57
I	12	4	10,8	363	1,136	647	126	1,7	0,35
I	13	7	7,4	434	1,136	900	175	1,7	0,40
I	14	1	6,7	51,3	1,142	128	23	1,6	0,45
I	15	4	8,3	276	0,500	303	137	3,8	0,50
I	16	4	4	133	0,135	36	62	13,5	0,47
I	17	4	6,6	219	0,195	95	108	9,4	0,49
I	20	4	4	132	0,135	39	65,7	13,2	0,48
I	22[3]	4	4,2	141	0,118	27	39,5	13,2	0,28
III	18	3	6,1	161	0,135	7	15,6	14,7	0,08
II	21	4	4,1	138	0,135	21	51,6	12,6	0,25
II	23[4]	4	4	126	0,115	23	40,8	14,5	0,32
IV	19	2,5	21,4	434	0,297	131	87	6	0,20
IV	24	4	3,6	109	0,118	25	44,1	14,8	0,405

[1] Les expériences 1, 3 et 4 étaient très inexactes à cause de l'irrégularité de l'électromètre.

[2] Entre la charge et la décharge il y a eu un intervalle de 14 heures pendant lesquelles les électrodes ont été retirées du liquide.

[3] L'accumulateur a été chargé 27 fois entre les expériences 20 et 22 et déchargé chaque fois après un repos de 12 heures. Après l'expérience 22 l'élément était détruit.

[4] L'élément a été chargé 27 fois entre les expériences 21 et 22 et déchargé chaque fois après un repos de 12 heures.

Digitized by Google

avait déjà reçu la moitié de sa charge. Ainsi la charge avait eu lieu en quatre reprises, les 4, 5, 6 et 7 janvier, et au commencement de la troisième reprise, le 6 janvier, la force électromotrice de la pile ouverte atteignait 72 volts.

Une seule expérience est d'ailleurs sans grande valeur vu la variabilité des accumulateurs, et une épreuve du 20 octobre 1881, antérieure à celle qui fait l'objet du rapport, avait été interrompue comme donnant un rendement trop faible.

Il existe aussi un travail de MM. les professeurs W. E. Ayrton et John Perry. Les auteurs ont également négligé le fait que la force électromotrice a une valeur différente selon que le circuit est ouvert ou fermé. Malheureusement on ne peut pas voir d'après le rapport si cette omission a eu pour conséquence une erreur dans le calcul du rendement, attendu que les auteurs ne disent pas ce qu'ils entendent par rendement. Ils attribuent à ce rendement une valeur extrêmement élevée, soit 83 à 90 pour 100. Ils tirent une série de conclusions sur la résistance et la force électromotrice de leurs accumulateurs, et arrivent, grâce à l'omission ci-dessus mentionnée, à des résultats erronés qui concordent en partie avec ceux trouvés par les auteurs du travail précédent.

Le tableau ci-dessus (page 523) donne le résumé général de mes expériences dont les résultats comparables ont fourni les conclusions précédemment exposées.

PUISSANCE ET RENDEMENT

DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES DE SIEMENS

Les renseignements exacts et précis sur la puissance et le rendement des générateurs mécaniques d'électricité sont encore trop rares pour que nous laissions perdre l'occasion de les publier chaque fois qu'elle se présente, surtout lorsque ces renseignements émanent d'un savant aussi autorisé que sir William Siemens.

On sait que l'Institution des ingénieurs civils de Londres a organisé, de février à mai dernier, une série de six conférences sur les applications pratiques de l'électricité. Les conférenciers étaient choisis parmi les savants et les ingénieurs les plus éminents de l'Angleterre; c'est dans l'une de ces conférences sur la transmission électrique et l'emmagasinement du travail que nous trouvons les chiffres intéres-

Digitized by Google

sants que nous allons reproduire en les traduisant en mesures françaises.

On sait que toutes les machines à courant continu ou à courant alternatif établies par la maison Siemens sont exclusivement *dynamo-électriques*. On a fait bonne justice de ce prétendu axiome que le champ inducteur dans une machine magnéto ne coûte rien : les plus chauds partisans des magnétos en ont reconnu implicitement la fausseté en construisant des dynamos, ce en quoi ils ont obéi à la sage raison. Nous reviendrons d'ailleurs un jour sur cette question, avec chiffres à l'appui.

CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT DES MACHINES SIEMENS

TYPE DE LA MACHINE.	Nombre de lampes à incandescence de 45 volts et 1,34 ampère.	NOMBRE DE WATTS dans la bobine.	dans les inducteurs.	dans le circuit extérieur.	Nombre total de watts développés.	Pour cent utilisable dans le circuit extérieur.	Poids total du cuivre sur la machine en kilogrammes.	Nombre de watts disponibles dans le circuit extérieur par kilogramme de cuivre sur la machine.	Vitesse moyenne à la circonférence, en mètres par seconde.
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
S D 5. . .	12	120	248	796	796	68,0	19,50	41,0	9,50
S D 7. . .	25×2	308	370	3 316	3 316	83,0	51,25	64,0	13,75
—	40	328	233	2 653	2 653	82,0	64,0	41,0	10,75
S D 2. . .	30×2	556	319	3 980	3 980	82,0	119,0	33,4	9,25
—	60	526	326	3 980	3 980	82,0	118,5	33,6	9,50
S D 1. . .	60×2	803	532	7 959	7 959	85,0	264,0	30,1	10,25
—	50×3	615	1200	9 949	9 949	84,5	264,0	37,7	13,00
D S D 00. .	150×2	2080	2562	19 890	19 890	91,7	389,0	51,0	10,75
B 1. . . .	400	1654	2663	26 532	26 532	86,0	368,0	72,0	13,75
W 3. . . .	60	193	456	3 979	3 979	81,7	103,0	38,3	18,25
D 5. . . .	»	97	143	»	»	»	»	»	7,75
W 6. . . .	90	335	595	5 969	5 969	82,0	141,0	42,5	20,50
D 6. . . .	»	121	220	»	»	»	»	»	8,15
W 2. . . .	120	630	633	7 959	7 959	85,5	163,0	49,0	22,00
D 6. . . .	»	107	194	»	»	»	»	»	9,25
W 1. . . .	200	1357	1257	13 266	13 166	82,7	237,0	56,0	24,00
D 7. . . .	»	110	94	»	»	»	»	»	10,75
W 5. . . .	400	1034	1496	24 050	24 050	90,0	227,0	106,0	28,90
D 7. . . .	»	117	100	»	»	»	»	»	11,15
W 0. . . .	500	1537	2375	33 165	33 165	88,0	384,0	86,5	32,50
D 2. . . .	»	177	206	»	»	»	»	»	9,50

Les machines à courant continu diffèrent entre elles par le mode d'excitation employé, comme nous le dirons tout à l'heure.

Le caractère commun à toutes les machines à courants alternatifs de Siemens est la suppression du fer dans l'induit : les principaux

Digitized by Google

avantages ainsi obtenus sont : 1° allègement de la bobine mobile qui peut ainsi tourner à de plus grandes vitesses, et 2° suppression des courants induits dans la masse de fer des armatures sous l'action de changements rapides de polarité, et, par suite, économie du travail correspondant.

C'est, en fait, un retour à la démonstration originale de Faraday de la production d'un courant dans un conducteur traversant un champ magnétique. Un coup d'œil jeté sur le tableau (page 325) montre que, pour un travail donné, ce sont les machines sans fer qui fournissent le rendement le plus élevé. Les machines à courants alternatifs sont désignées par la lettre W.

La colonne 2 du tableau indique le nombre de lampes à incandescence de 45 volts et de 1,34 ampère que chaque machine peut alimenter. On peut en déduire facilement dans chaque cas, le nombre d'ampères et de volts fournis par la machine dans le circuit extérieur, de borne à borne.

La colonne 7 est intéressante, car elle montre que l'on peut arriver à utiliser dans le circuit extérieur jusqu'à 90 pour 100 du travail total transformé en énergie électrique.

La colonne 9, nous montre combien l'on peut produire de watts[1] d'énergie électrique par kilogramme de cuivre employé dans la machine. Les grands écarts entre les différentes valeurs (du simple au triple), montrent combien il reste de progrès à accomplir encore dans le développement des machines dynamo-électriques au point de vue de l'économie de la matière première.

Enfin, la colonne 10 nous fait connaître la vitesse absolue de l'induit en mètres par seconde. C'est là, au point de vue électrique, un renseignement beaucoup plus utile que le nombre de tours qui n'indique pas du tout si une machine marche vite ou non. Ce qui intéresse, c'est la vitesse absolue de déplacement, car une machine tournant à 1500 tours peut avoir une vitesse d'induit beaucoup plus petite qu'une autre machine tournant à 500 tours seulement. La vitesse la plus considérable obtenue jusqu'ici est de 32 mètres par seconde, le rendement atteint 88 pour 100.

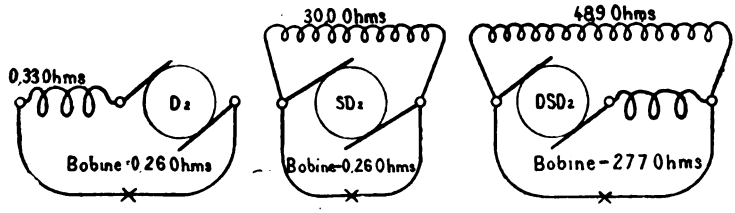
Le rendement est favorable aux grandes vitesses, comme il est favorable aux machines dynamo, parce que, toutes choses égales d'ailleurs, plus le champ magnétique est intense, et plus est grande la vitesse de déplacement, moins il faut de tours de fil sur la bobine pour pro-

[1] 1 watt ou volt-ampère $= \frac{1}{9,81}$ kilogrammètre par seconde. En pratique, pour réduire les watts en kilogrammètres, il suffit de diviser par 10 les nombres de colonnes 2, 3, 4, 5. 6 et 9.

Digitized by Google

duire une force électromotrice donnée; il en résulte une moins grande résistance intérieure de la machine et, par suite, une moins grande dépense d'énergie perdue pour l'échauffement de cette résistance. Les machines à grande vitesse sont aussi celles qui, toutes choses égales d'ailleurs, produisent la plus grande somme d'énergie électrique par kilogramme de cuivre.

Les machines à courant continu se distinguent par leur mode d'excitation qui constituent trois types distincts représentés en principe figure 1.



Type D. Type S D. Type D S D[1].

Fig. 1.

Type D. — Excitation en circuit (*series-dynamo*). Le courant total traverse l'inducteur et le circuit extérieur.

Type S D. — Excitation en dérivation (*shunt-dynamo*). Le courant se divise entre les inducteurs et le circuit extérieur.

Type D S D. — Double excitation (*compound-dynamo*). — Les inducteurs portent deux fils; l'un dans le circuit général, l'autre en dérivation sur les bornes de la machine.

La figure 2, montre quelle est l'influence d'un changement dans la vitesse sur le courant produit par chacune de ces machines, suivant le mode d'excitation adopté.

Avec le type D (inducteurs en circuit), le travail augmente rapidement avec la vitesse; ce mode d'enroulement conviendrait fort peu à l'éclairage par incandescence; avec le type S D (inducteurs en dérivation), on trouve, au contraire, une diminution de travail lorsque la vitesse augmente; enfin avec le type D S D (double excitation), on obtient une constance remarquable.

La figure 3, montre comment varient les éléments de la circulation électrique dans une machine de type D S D, lorsqu'on fait varier la résistance du circuit extérieur.

Voici les constantes de la machine expérimentée représentée dans le diagramme (figure 4).

[1] Il faut lire : *bobine* = 0,277 *ohm*.

Digitized by Google

Bobine. — 280 tours de fil de 3 millimètres de diamètre. Résistance : 0,175 ohm (fig. 4).

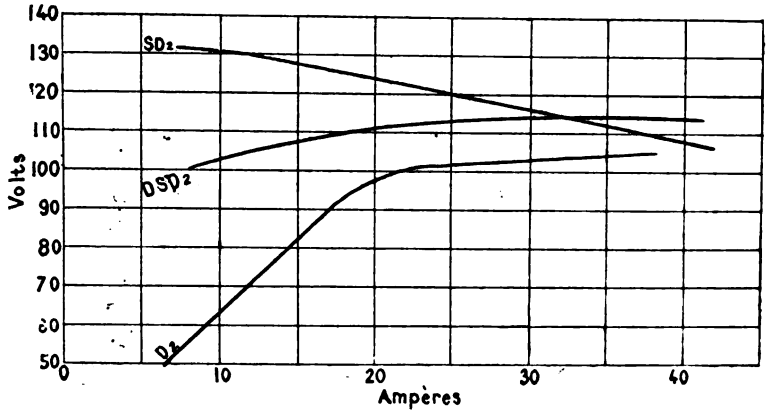


Fig. 2.

Excitation en circuit. — 168 tours de fil de 5,5 millimètres. Résistance : 0,108 ohm.

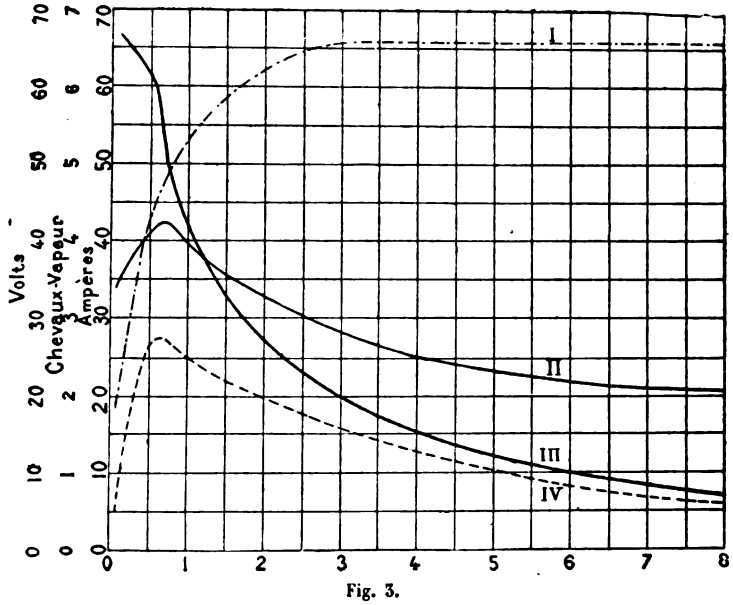


Fig. 3.

Excitation en dérivation prise entre les balais. — 3600 tours de fil de 2,5 millimètres. Résistance : 11,94 ohms.

Digitized by Google

En consultant le diagramme, on voit que lorsque la résistance du circuit extérieur augmente, le travail dépensé et le travail disponible dans le circuit extérieur diminuent.

La différence entre ces deux lignes représente la perte.

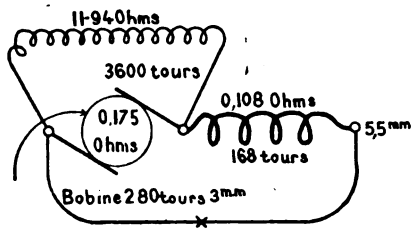


Fig. 4.

On obtient les meilleurs résultats lorsque la résistance du circuit extérieur est un peu inférieure à 1 ohm ; le travail transformé en électricité est alors de 4,75 chevaux-vapeur et le travail électrique disponible de 2,75 chevaux-vapeur, avec un rendement d'environ 60 pour 100.

CONDITIONS ÉCONOMIQUES
DES NOUVELLES LAMPES A INCANDESCENCE
DE SIEMENS ET HALSKE

Le prix de revient de l'éclairage par les lampes à incandescence dépend des prix de l'installation et de l'exploitation. Toutefois, sous un certain rapport, ces deux causes de dépenses sont intimement liées l'une à l'autre, car si un type de lampe exige relativement moins de force, il en résulte nécessairement non seulement une économie dans l'exploitation, mais aussi dans l'achat des machines motrices. A d'autres points de vue, le prix de revient des conducteurs est d'une grande importance et varie d'une façon notable d'après le type de lampe employé, comme il ressort du tableau de la page 330.

Il suffit de comparer les quatre derniers chiffres pour apprécier l'économie résultant de ces nouvelles lampes. Ces avantages sont dus à un heureux choix de filaments et à leur préparation convenable, dans le but d'obtenir une température plus élevée sans compromettre la durée des lampes.

Digitized by Google

Le second progrès réalisé par les nouvelles lampes réside dans leur résistance élevée. Grâce au choix des filaments qui ont un

ÉLÉMENTS DE FONCTIONNEMENT.	NOUVELLES LAMPES SIEMENS ET HALSKE.			LAMPE EDISON.
	Type II.	Type IV.	Type VI.	Type A.
Bougies normales. . . .	12,00	16,00	25,00	16,00
Volts.	100,00	100,0,	100,00	100,40
Ampères.	0,41	0,55	0,80	0,71
Ohms (à chaud).	244,00	182,00	125,00	141,00
Watts	40,50	55,00	80,00	71,50
Bougies normales par cheval d'énergie électrique dans la lampe.	210,08	206,00	221,00	159,00

pouvoir émissif convenable, cet excès de résistance a pu être obtenu sans augmenter la tension, ce qui est un grand avantage, car l'exploitation est d'autant plus sûre et d'autant meilleure que la tension est plus faible.

Quant aux prix de revient du conducteur, il ne dépend pas de la tension, mais seulement de la résistance.

Comparons les lampes IV et A, toutes deux de 100 volts et 16 bougies normales; à lumière égale la lampe Edison exige un EI plus grand de 30 pour 100 que celui de la lampe IV de Siemens et Halske; or, comme la f. e. m. est la même, il en résulte que I est aussi de 30 pour 100 plus grande dans la première lampe que dans la seconde. La résistance de la lampe IV est par suite plus grande de 30 pour 100. Les filaments ont bien la même longueur, mais la section de ceux de Siemens et Halske est plus faible tout en leur conservant une durée des plus satisfaisantes.

L'économie réalisée par cette grande résistance de la lampe et par suite par la faible intensité du courant sur le poids du métal conducteur est différente suivant la longueur relative du circuit. Si l'on a un circuit très court, ce qui arrive rarement, l'intensité voulue est le seul guide dans le choix de la section. Comme M. Wilhelm Siemens l'a montré dans la livraison de mars 1883 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift*, il faut prendre le diamètre du conducteur proportionnel à l'intensité. Ainsi, pour une intensité moitié moindre, le poids total des conducteurs se réduit au quart. Pour les nouvelles lampes Siemens et Halske où l'intensité est plus faible de 30 pour 100, on réalise sur le poids du conducteur une économie de 50 pour 100.

Pour un long circuit, on choisit un diamètre de conducteur plus grand que ne le comporterait la considération seule de l'intensité. Par

Digitized by Google

suite de l'augmentation de 30 pour 100 de la résistance des lampes Siemens et Halske, on ne peut réaliser sur ces dernières qu'une économie de conducteurs de 30 pour 100.

(*Elektrotechnische Zeitschrift.*)

MACHINE DYNAMO-ÉLECTRIQUE

EDISON-HOPKINSON

M. Frank. S. Sprague vient de faire une série d'expériences sur les machines Edison modifiées par M. Hopkinson : nous croyons utile de résumer ici les résultats principaux de ces expériences qui peuvent présenter quelque utilité pour les ingénieurs électriciens.

La machine dynamo Edison-Hopkinson se distingue du type original d'Edison par le raccourcissement des inducteurs et les changements de proportion apportés aux différents organes. Les deux bobines de l'inducteur sont couplées en tension et portent chacune dix couches de fil n° 16 (B. W. G) (1,65 millimètre de diamètre).

La bobine est roulée sur un noyau de 9 pouces (22,5 centimètres) de diamètre ; sa longueur moyenne est de 43 pouces (107 centimètres). Elle porte 74 sections d'un seul tour formé chacun de 8 fils n° 16 (1,65 millimètre). Le diamètre total est de 10,5 pouces (26, 25 centimètres) ; le jeu entre les pièces polaires et la circonférence de l'armature est de $\frac{1}{16}$ de pouce (1,5 millimètre).

	A froid.	A chaud.
Résistance des inducteurs (en ohms)..	36,5	37,0
— de la bobine (—)..	0,026	0,0325

Le tableau ci-contre (page 332) résume les différents éléments de fonctionnement de cette machine dans trois expériences distinctes. Dans l'expérience n° 6, on a alimenté 192 lampes Edison, dans l'expérience 8, 192 lampes également et dans l'expérience 9, on en a mis 230. L'échauffement était insensible et l'expérience aurait pu durer indéfiniment dans ces conditions. La machine pourrait même supporter pendant quelque temps 30 lampes de plus sans échauffement préjudiciable.

Le rendement commercial moyen est de 86 pour 100, c'est-à-dire que l'on retrouve dans le circuit extérieur 86 pour 100 du travail mécanique dépensé sur la poulie motrice.

Digitized by Google

ÉLÉMENTS DE FONCTIONNEMENT.	NUMÉRO DES EXPÉRIENCES.		
	6.	8.	9.
Durée des expériences en minutes	60	31	61
Vitesse du moteur en tours par minute	289,0	309,0	315,5
— de la machine par minute.	1081,0	1157,0	1179,0
Intensité du courant dans les inducteurs (en ampères). .	2,68	2,02	2,95
— dans la bobine (—). .	112,56	123,07	144,60
— totale (—). .	115,24	125,99	147,55
Force électro-motrice aux balais (en volts).	99,3	108,0	109,3
— totale (—).	103,0	112,1	114,1
Énergie électrique dans l'inducteur (en chev.-vap.) . .	0,36	0,42	0,43
— dans l'induit (—) . .	0,58	0,69	0,95
— dans le circuit ext. (—) . .	14,97	17,81	21,18
— totale (—) . .	15,91	18,92	22,56
Travail fourni sur la poulie, total (en chev.-vap.). . . .	17,34	20,88	24,56
— absorbé (—). . . .	16,63	20,12	23,79
Rendement commercial.	86,0	85,0	86,0
— électrique ou *conversion*	95,7	94,0	94,8

Le rendement électrique atteint 95 pour 100, c'est-à-dire que la machine transforme en énergie électrique 95 pour 100 du travail mécanique dépensé sur l'arbre moteur. On peut, à notre avis, considérer ces chiffres comme les limites extrêmes qu'on puisse atteindre; les machines dynamo-électriques actuelles sont donc des transformateurs presque parfaits du travail mécanique en énergie électrique.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 10 septembre 1883.

M. P. Le Cordier présente un mémoire de physique mathématique *Sur l'induction* dont l'examen est renvoyé à une commission composée de MM. Bonnet, Résal et Jordan.

M. Quet étudie les *Lois de l'induction due à la variation de l'intensité dans des courants de formes diverses*. La présente note traite des *courants circulaires*.

M. Boulanger présente le résultat des expériences de transport de

Digitized by Google

force à distance par l'électricité exécutées récemment à Grenoble par M. *Marcel Deprez* (voy. ce rapport *in extenso* page 289 et suivantes).

BIBLIOGRAPHIE

DIE VOLKSIWERTHSCHAFTLICHE BEDEUTUNG DER ELEKTRICITÄT UND DAS ELEKTROMONOPOL, par *Arthur Wilke. Wien, Pesth, Leipzig, A. Hartlebens Verlag.*

Voici un livre qui ne manque pas d'originalité et encore moins de confiance dans l'avenir de l'électricité. L'auteur se propose de faire des prosélytes dans le public, et d'attirer l'attention des savants et des hommes politiques sur le rôle économique de premier ordre que l'électricité devra jouer un jour. Seulement ce jour n'est pas très proche, comme nos lecteurs le comprendront quand ils sauront qu'auparavant l'homme aura soulevé les derniers voiles qui couvrent encore les mystères de la nature, qu'il pourra créer de toutes pièces et industriellement toutes les matières organiques, qu'il connaîtra l'unique corps simple, qu'il pourra l'obtenir par une simple transformation de la force en matière (?), que par suite la transmutation des métaux ne sera qu'un jeu, et que, maître absolu de la nature, l'homme n'aura plus rien à craindre des forces naturelles et les utilisera à son gré pour ses besoins. Ce jour-là, il est à présumer que l'électricité jouera un grand rôle, et nous croyons inutile de dire par quelles séries de raisonnements et de formules économiques l'auteur parvient à en déterminer l'importance. Nous n'avons qu'un regret, c'est qu'aucun de nos lecteurs, ni aucun de nous, n'assistera à l'accomplissement de cette prophétie basée sur des vérités plus ou moins contestables.

FAITS DIVERS

LA NICKELURE GALVANIQUE EN AMÉRIQUE. — Les procès dont les procédés Adams ont été l'objet en Amérique ne sont pas encore terminés, bien que le premier brevet de l'inventeur date du 3 août 1869.

Un jugement récent de la cour du district de New-York rendu par le juge Blatchford reconnaît en substance qu'Isaac Adams a été le premier inventeur d'une méthode pratique pour effectuer des dépôts galvaniques de nickel. Les principales revendications (*claims*) sont les suivantes :

1° Dépôt électrique de nickel à l'aide d'une solution de sulfate double de

Digitized by Google

nickel et d'ammoniaque ou une solution de chlorure double de nickel et d'ammonium préparée de façon à être exempte de potasse, de soude, d'alumine, de chaux ou d'acide nitrique, et à présenter une réaction parfaitement neutre.

2° Le dépôt électro-chimique sur les métaux d'une couche de nickel compacte, cohérente, tenace et flexible d'une épaisseur suffisante pour protéger le métal sur lequel le dépôt est effectué de l'action corrosive des agents extérieurs.

Le défendeur, Pendleton a obtenu, le 28 septembre 1880, un brevet pour un procédé entièrement nouveau et différent dont voici les points principaux :

1° Dépôt de nickel obtenu par une solution acide d'acétate de nickel, composée d'oxyde de nickel et d'acide acétique et présentant une réaction acide.

2° Le procédé de fabrication de la solution acide d'acétate de nickel en faisant digérer lentement l'oxyde de nickel et l'acide acétique, avec ou sans l'aide de la chaleur de façon à avoir un excès d'acide dans la solution.

La Cour de New-York a décidé que le procédé de Pendleton n'était que l'équivalent du procédé Adams et a donné gain de cause à Adams.

Il reste maintenant à connaître quelle sera la décision de la Cour suprême.

—

FORCE ÉLECTROMOTRICE, INTENSITÉ ET TRAVAIL DES MACHINES DITES STATIQUES. — On sait que les machines dites statiques ne sont pas autre chose que des générateurs mécaniques d'électricité qui fournissent un courant d'une force électromotrice énorme mais, par contre, d'une très faible intensité.

M. F. Exner a récemment entrepris quelques mesures pour déterminer si la f. e. m. est fonction de la vitesse de rotation[1]. Ces mesures ont été effectuées à l'aide de l'électromètre absolu de Thomson. Voici les principaux résultats fournis par une machine de Holtz et une machine de Winter.

Machine de Holtz. A 1 tour par seconde, la f. e. m. est de 9540 éléments Daniell (10 000 volts); à 3,5 tours par seconde, la f. e. m. est de 20 580 éléments Daniell (22 000 volts).

Machine de Winter. La vitesse variant entre 1 et 3 tours par seconde, la f. e. m. est constante et égale à 11 610 éléments Daniell (15 500 volts).

L'addition d'une bouteille de Leyde à la machine ne change pas les résultats d'une manière appréciable, mais dans le cas de la machine de Holtz la vitesse a une influence marquée, tandis qu'elle n'en a aucune dans la machine de Winter. Il semble donc que la f. e. m. développée par le frottement de deux corps donnés est une quantité constante, comme lorsque deux corps agissent chimiquement l'un sur l'autre.

D'après des expériences de Kohlrausch, le courant maximum fourni par une machine de Holtz ne peut décomposer par seconde que 0,0035 microgramme d'eau, ce qui correspond à une intensité d'environ 40 micro-ampères.

En supposant que la force électromotrice de la machine, lorsqu'elle produit

[1] *Centralblatt*, Bd. V, n° 9, p. 207, 208, 1883.

Digitized by Google

le courant maximum, soit de 30 000 volts, il est facile de calculer la somme d'énergie mécanique transformée en énergie électrique par une semblable machine. Il suffit d'appliquer la formule de Joule :

$$W = \frac{EI}{9,81} \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

On trouve 1,2 kilogrammètre par seconde.

Pour compléter l'analogie entre les machines dites statiques et les machines dynamiques fondées sur l'induction magnétique, rappelons l'expérience de M. Mascart prouvant que la machine de Holtz est réversible.

Plus récemment, MM. Julius Elster et Hans Geitel ont pu charger avec une machine de Holtz un grand nombre de petits accumulateurs couplés en tension et formés de petites feuilles de plomb découpées et empilées à peu près comme les éléments d'une pile de Zamboni. Les accumulateurs ainsi chargés ont pu illuminer directement un tube de Geissler pendant un certain temps.

Les machines dites statiques et les machines magnéto-électriques sont donc, au même titre, des générateurs mécaniques de *courant* électrique; ils ne diffèrent que par le mode d'action et par la nature de l'énergie électrique produite.

—

Production économique de l'électricité. — Sous ce titre, M. de Souza nous adresse une petite notice de laquelle il ressort que l'inventeur se propose d'utiliser, à l'aide de son système, les forces naturelles que laissent disponibles les *vagues de la mer*.

Après deux pages de considérations bien senties sur les avantages économiques que présente l'utilisation des forces naturelles, considérations bien connues mais qui constituent les deux tiers de la note de M. de Souza, l'auteur décrit ainsi son système, description à laquelle nous ne voulons rien ajouter ni retrancher.

« Voici, sur les principes et le fonctionnement de notre système pour recueillir la force des vagues, système breveté, etc., quelques données qui permettront de juger de sa simplicité et du peu de frais que nécessite son exploitation.

« C'est la poussée horizontale des lames sur la plage, que l'on utilise en la recevant sur des *châssis verticaux* en bois ou en tôle, présentant par machine une surface totale d'environ 30 mètres carrés et retenus par des ressorts réglables qui cèdent sous un effort donné, laissant les châssis s'incliner sous l'action d'une vague trop forte. De plus, des volets supplémentaires placés en avant, modèrent l'effet du premier choc de la lame et prolongent la durée de son action.

« Ces châssis sont portés par des chariots roulant sur le sol, dirigés par des rails ou des chaînes. Le poids mort de l'ensemble est contrebalancé par des flotteurs. La poussée et le retrait des vagues impriment aux châssis un mouvement de va-et-vient analogue à celui du piston d'une machine à vapeur.

« Le mouvement est transmis à l'usine par des *câbles métalliques* ou des

Digitized by Google

chaînes. Ce mode de transmission permet à l'appareil de suivre la marée, car on déplace à volonté le chariot et on le fixe à n'importe quel point des câbles : déplacement qu'un simple jeu de leviers commande de l'usine.

« A celle-ci, le câble aboutit par une bielle à un fort volant. L'articulation de la bielle au volant est *mobile* à volonté, ce qui permet à la machine de s'adapter à tous les états de la mer. On a, en définitive, un mouvement régularisé par le volant et le système des châssis à ressorts, mouvement mettant en marche des machines électriques qui donnent, après accumulation de l'électricité produite, un courant et, par suite, un travail parfaitement régulier.

« On peut se rendre compte, par cet aperçu, de la simplicité de cet appareil se prêtant à toutes les inégalités et à toutes les exigences de la force qu'il recueille, force énorme qui atteint une pression de 5000 kilogrammes par mètre carré dans les gros temps, pression que l'on a vu s'élever jusqu'à 35 000 kilogrammes.

« Il est inutile d'ajouter que plusieurs machines semblables peuvent être disposées côte à côte pour une seule usine et qu'elles peuvent être facilement retirées de la mer en cas de tempêtes trop menaçantes pour la sécurité de l'appareil récepteur. En cas de calmes absolus, on ajoute aux réserves d'électricité déjà faites, de nouvelles quantités fournies par des moteurs quelconques placés à proximité des lieux d'emploi. »

Suit une nouvelle énumération des avantages particuliers à ce système et l'annonce qu'un comité d'étude sera formé.

On comprendra, d'après la description qu'on vient de lire, pourquoi nous nous abstenons de toute appréciation du système jusqu'à ce que le comité d'étude en formation nous fournisse des détails plus précis.

—

Voici un extrait d'une lettre adressée par un client à un grand constructeur d'appareils électriques, en réponse à un envoi de lampes à incandescence. Cet extrait *absolument authentique*, prouve que l'instruction électrique des consommateurs d'électricité est encore loin d'être achevée :

« J'ai l'avantage de vous accuser réception de votre estimée du....., ainsi « que des avis d'expédition des machines et des lampes; les dernières me « sont parvenues, sauf les 45 volts avec supports : nous n'avons sorti de la « caisse que 50 lampes de 10 candles, et la note d'expédition porte : 50 lampes « de 10 candles, 45 volts, avec supports..... » Sans commentaires.

—

A UN LECTEUR ASSIDU. — Vous n'avez qu'à envoyer votre adhésion avant le 15 octobre pour faire partie de la *Société internationale des Électriciens* à titre de membre fondateur.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4598. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES EXPÉRIENCES DE GRENOBLE

La lumière commence à se faire sur les expériences de Grenoble et les résultats se présentent sous leur vrai jour, dégagés de toutes les exagérations dont la presse quotidienne les avait entourés dès leur berceau. Fidèle à notre programme d'impartialité, nous commencerons par publier *in extenso* le deuxième rapport de M. le capitaine du génie Boulanger, présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 1er octobre, avant de faire nos observations, afin que le lecteur ait sous les yeux tous les documents qui lui permettent de se faire une opinion sur ces expériences mémorables.

Sur le transport et la distribution de la force. — Expériences faites par M. Marcel Deprez. — Note de M. Boulanger.

Dans une précédente communication, j'ai eu l'honneur de faire connaître à l'Académie les résultats des mesures dynamométriques effectuées au sujet des expériences faites à Grenoble par M. Marcel Deprez, sur le transport de la force. La présente note est relative aux mesures électriques et aux expériences concernant la distribution.

Pendant toute la durée des expériences, deux galvanomètres à arête de poisson (système Marcel Deprez) étaient intercalés dans le circuit, l'un à Grenoble, l'autre à Vizille, et ces deux instruments indiquèrent constamment que la différence des intensités aux deux extrémités de la ligne était peu considérable. Malheureusement, ces appareils ne comportent pas une très grande précision dans les lectures, de sorte que, pour déterminer exactement la valeur des pertes par la ligne, on dut avoir recours à la méthode chimique.

Deux voltamètres formés de plaques d'argent pur plongeant dans une dissolution d'azotate d'argent furent placés aux extrémités de la ligne. Les plaques avaient environ 1 décimètre carré de surface et le courant était fourni par la machine génératrice de Vizille. A Grenoble, le circuit était fermé par une résistance inerte. Comme ces expériences étaient destinées à opérer en même temps le tarage des galvanomètres, ceux-ci étaient placés à côté de chaque voltamètre.

Digitized by Google

Deux expériences furent faites en changeant la vitesse de la machine et l'on obtint les résultats contenus dans le tableau I.

Pour déterminer la valeur de E, on admit, ce qui avait été vérifié sur les mêmes machines, dans les expériences faites aux ateliers du chemin de fer du Nord, que la force électromotrice est proportionnelle à la vitesse N, pourvu que l'intensité ne varie pas. Une série de douze expériences, faites en intercalant des résistances variables dans le circuit de la génératrice, permit de construire une courbe ayant pour abscisses les valeurs de I et pour ordonnées les valeurs de $\frac{E}{N}$ correspondantes. On peut ensuite, à l'aide de cette courbe, déduire facilement la force électromotrice de la vitesse de l'anneau, pour toutes les autres expériences.

Il résulte du tableau ci-contre que, dans la première expérience, la perte d'intensité fut de 5,1 pour 100. Dans la deuxième expérience, où la différence de potentiel aux bornes était d'environ 3000 volts, la perte fut de 6,6 pour 100.

Les autres mesures électriques portèrent sur un ensemble d'environ quarante expériences et permirent, en se servant de l'intensité moyenne, de calculer les valeurs $\frac{EI}{75g}$ et $\frac{ei}{75g}$ des travaux électriques[1], ainsi que le rendement électrique $\frac{e}{E}$. Le résultat de ces calculs montre que le rendement électrique différait assez peu du rendement mécanique. On trouve, en effet, pour la moyenne du rapport des deux rendements, le nombre 0,82.

En outre, la comparaison des travaux électriques et des travaux mécaniques montre que le coefficient de transformation de la génératrice est très voisin de l'unité, de telle sorte que le déficit provenait presque exclusivement de la réceptrice.

Une deuxième partie des expériences a porté sur la distribution. Les machines réceptrices dont on disposait consistaient en trois machines Siemens et deux machines Gramme, type d'atelier. Toutes ces machines étant à gros fil, on dut employer comme génératrice une machine également à gros fil; c'était une machine Gramme dont les inducteurs avaient été renforcés et disposés en double enroulement (système Marcel Deprez). Le courant constant était fourni par une deuxième machine servant d'excitatrice et les deux machines étaient mises en mouvement au moyen d'une locomobile qui permit de maintenir la

[1] La f. e. m. e de la réceptrice était déduite de E par la relation $e = E - AI$, A étant la résistance totale $R + r + \rho$, comprenant les machines et la ligne.

Digitized by Google

TABLEAU I

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	DÉSIGNATION DES VOLTAMÈTRES.	POIDS DE L'ÉLECTRODE POSITIVE. Avant l'expérience.	POIDS DE L'ÉLECTRODE POSITIVE. Après l'expérience.	DIFFÉRENCE DES POIDS p.	DURÉE DE L'EXPÉRIENCE EN SECONDES t.	INTENSITÉ p $0{,}0011248 \times t = I$.	FORCE ÉLECTRO-MOTRICE DE LA MACHINE E.	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL AUX BORNES $E - RI = U$.	OBSERVATIONS.
		gr.	gr.	gr.		amp.	volts.	volts.	
1	Vizille.	39,43939	26,20184	13,23775	3600	3,268	2808	2627	Le nombre 0gr,0011248 pris pour le poids d'argent déposé par ampère et par seconde a été donné par M. Mascart.
	Grenoble	39,78262	27,22920	12,55342		3,099			
2	Vizille.	36,03719	27,32190	8,71529	2205	2,514	3128	2934	
	Grenoble	34,68220	26,54200	8,14020		3,282			

TABLEAU II

NUMÉROS DES EXPÉRIENCES.	NOMBRE DE TOURS PAR MINUTE DE LA GÉNÉRATRICE.	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL. aux bornes de la génératrice.	DIFFÉRENCE DE POTENTIEL. à l'extrémité de la ligne.	RÉCEPTRICE N° 1. Travail par seconde.	RÉCEPTRICE N° 1. Intensité.	RÉCEPTRICE N° 2. Travail par seconde.	RÉCEPTRICE N° 2. Intensité.	RÉCEPTRICE N° 3. Travail par seconde.	RÉCEPTRICE N° 3. Intensité.	RÉCEPTRICE N° 4. Travail par seconde.	RÉCEPTRICE N° 4. Intensité.	RÉCEPTRICE N° 5. Travail par seconde.	RÉCEPTRICE N° 5. Intensité.	TRAVAIL TOTAL.	INTENSITÉ TOTALE.	OBSERVATIONS.
		volts.	volts.	kgm.	amp.	kgm.	amp.	kgm.	amp.	kgm.	amp.	kgm.	amp.	kgm.	amp.	
1	2230	39,4	39,1	18,0	9,7	»	»	»	»	»	»	»	»	18,0	9,7	La charge de chaque frein était de 2 kilogrammes.
2	2270	39,0	38,8	18,9	9,9	19,6	11,3	»	»	»	»	»	»	38,5	21,2	
3	2238	39,3	39,1	18,6	9,9	19,5	11,3	42,5	18,3	»	»	»	»	80,6	39,5	
4	2258	39,0	38,8	17,6	9,9	19,1	11,5	40,0	17,5	39,5	19,0	»	»	116,2	57,9	
5	2169	39,1	39,1	18,5	9,5	18,7	10,6	40,0	17,2	34,7	18,6	35,3	19,3	147,2	75,2	

Digitized by Google

génératrice à la vitesse nécessaire pour que la différence de potentiel à ses bornes demeurât constante.

Des deux bornes de la génératrice partaient deux fils parallèles sur lesquels venaient se brancher les dérivations des machines. La différence de potentiel aux bornes était mesurée par un galvanomètre résistant placé en dérivation. Un deuxième galvanomètre semblable permettait de mesurer la différence de potentiel à l'extrémité de la ligne. Enfin les intensités étaient mesurées par un galvanomètre à gros fil, de résistance négligeable.

De plus, chaque machine était munie d'un frein de Carpentier, portant une charge constante de 2 kilogrammes. Les poulies des freins ayant 1 mètre de circonférence, le travail par seconde était donné en kilogrammètres par l'expression $\frac{2n}{60} = \frac{n}{30}$, n étant le nombre de tours par minute.

On fit les mesures en embrayant les machines l'une après l'autre; on eut alors une série de cinq expériences, dont les résultats sont donnés par le tableau II.

On voit par ce tableau que, pour une machine, le travail produit et l'intensité du courant n'ont pas varié d'une manière notable; les machines étaient donc indépendantes les unes des autres, et il y avait bien réellement distribution.

Le rapport qu'on vient de lire renferme tout d'abord un aveu que nous sommes trop heureux d'enregistrer, puisqu'il apporte une preuve irréfutable d'une vérité scientifique jusqu'ici méconnue, même à l'Académie : *l'influence des dérivations de la ligne*. Les expériences ont prouvé que, même pour une ligne neuve en bronze silicieux (l'état de l'atmosphère n'est pas donné) n'ayant que 14 kilomètres de longueur, les pertes par dérivation varient entre 5,1 et 6,6 pour 100.

Nous voilà bien loin du temps où l'on affirmait que ces pertes par dérivation étaient absolument négligeables sur une ligne en fil de fer télégraphique ordinaire de 57 kilomètres de longueur! Tôt ou tard, la vérité finit par triompher.

Nous acceptons donc ces chiffres, tout en faisant remarquer qu'ils correspondent à des conditions particulièrement favorables d'isolement et de conductibilité, et non plus à des *lignes télégraphiques ordinaires*, comme à Munich et à la gare du Nord.

Le rapport de M. Boulanger nous apporte aussi la lumière et

Digitized by Google

la vérité sur un point qui demandait de même quelques éclaircissements.

Sur la foi des journaux politiques quotidiens, nous avions cru — naïvement — que les expériences de distribution de force motrice avaient été faites avec le travail venant de Vizille par la ligne en bronze silicieux de 14 kilomètres.

Le langage ambigu et volontairement incomplet de ces journaux aussi enthousiastes qu'incompétents était bien fait pour nous entretenir dans cette erreur.

Le rapport de M. Boulanger nous enlève cette illusion. Le système de distribution scientifiquement expérimenté constituait un ensemble parfaitement distinct du premier, une distribution à petite distance dans laquelle la machine génératrice était actionnée par une *locomobile*.

Nous trouvons ce mode d'expérimentation tout au moins singulier; puisqu'il s'agissait d'utiliser les forces naturelles, il nous semblait tout dicté de distribuer à Grenoble la force motrice fournie par la turbine de Vizille. Nous attendrons qu'on nous explique pourquoi il n'en a pas été ainsi; les habitants de Grenoble auraient certainement préféré voir fractionner le travail venant de Vizille que celui fourni par une locomobile locale. Une chose est de distribuer sur place, autre chose est de distribuer à 14 kilomètres. La nuance est importante et n'échappera certainement pas à ceux qui s'occupent de transmission et de distribution de force.

Il reste à M. le capitaine Boulanger un troisième rapport à faire : c'est celui dans lequel les mesures électriques seront rapprochées des mesures dynamométriques correspondantes. Nous l'attendons avec impatience pour en tirer toutes les conséquences et la moralité des expériences de transport et de distribution de force de Vizille-Grenoble. E. Hospitalier.

P. S. L'article qu'on vient de lire était déjà composé lorsque nous avons reçu le numéro unique d'un journal-réclame imprimé à Grenoble « sur une presse gracieusement prêtée par M. G. Dupont et faisant partie d'une série d'appareils mis en mouvement au moyen du transport électrique de la force, système Marcel Deprez (distance : 14 kilomètres). » Ce journal

Digitized by Google

intitulé l'*Énergie électrique*, a pour directeur scientifique M. Marcel Deprez et pour rédacteurs MM. Frank Géraldy et Jules Sarcia. Nous en recommandons la lecture à tous les amis d'une douce gaieté. La modestie bien connue de M. Marcel Deprez a dû être mise à une rude épreuve en voyant figurer son nom 25 fois en quatre colonnes, entouré d'épithètes délirantes d'enthousiasme et de flatterie. Les questions y sont traitées d'une manière toute particulière.

C'est ainsi, par exemple, que dans l'historique du transport électrique de la force, vous chercheriez vainement un autre nom que celui du directeur scientifique. Les travaux de Gramme, de Siemens, d'Hopkinson, d'Ayrton et Perry, etc., sont soigneusement passés sous silence. Même discrétion pour la distribution électrique de la force.

On vient de voir que, pour la commission scientifique, les machines à distribution étaient actionnées par une locomobile.

Le numéro unique de l'*Énergie électrique* nous informe qu'il n'en était pas de même pour le public :

« Dans la Halle, la machine réceptrice placée au centre « actionne d'une part une pompe rotative; d'autre part un « renvoi qui met en marche deux nouvelles machines élec- « triques, dites machines à distribution. La pompe sert à élever « de l'eau qui retombe dans des roches formant une cascade « artificielle du plus heureux effet.

« Les machines à distribution, au moyen d'une conduite « générale, portent l'électricité à différents récepteurs qui « mettent en marche :

« 1° Un tour;

« 2° Une scie à ruban;

« 3° Une presse à imprimer sur laquelle est tiré ce journal.

« Enfin, dans cette même conduite générale, est placée une « lampe à incandescence, gracieusement prêtée par M. Cerutti, « opticien de la ville. »

Donc, pour le public, il y a eu véritablement utilisation du travail fourni par la turbine de Vizille.

Nous nous demandons quel a bien pu être le rendement, après toutes ces transformations successives qui ne compren-

Digitized by Google

nent pas moins de *quatre* organes électriques intercalés entre le moteur principal et l'outil.

Le correctif à cette complication se trouve dans une autre partie de ce numéro unique : « Il est bien entendu, dit « M. Géraldy, que dans une distribution réelle cette complica- « tion n'existerait pas : *une seule machine suffirait à faire le « transport et la distribution.* »

C'est précisément là qu'est la question, admirablement bien posée par M. Géraldy, mais nous ne la voyons pas encore résolue en pratique. C'est cette canalisation d'électricité à 2000 et 3000 volts qui, à notre point de vue, constitue l'obstacle et présente des difficultés non vaincues jusqu'ici.

Il ne reste plus qu'à aborder les grandes installations pratiques, conclut M. Géraldy. C'est aller vite en besogne puisque la machine unique à transport et distribution n'a pas encore fonctionné, même dans une petite installation.

Déclarer, dans l'état actuel de la question, qu'il ne reste plus qu'à aborder les grandes installations pratiques, c'est demander à l'ours du bon La Fontaine la peau et le pavé; beaucoup trop à la fois pour un seul ours. E. H.

DE

LA TRACTION PAR MACHINES ÉLECTRIQUES

La traction par locomotives électriques vient d'apparaître sur le champ de l'expérience; devant l'actualité de la question, il nous paraît intéressant de rapprocher ce mode de traction du moyen ordinairement employé; la traction par locomotives à vapeur.

Nous nous bornerons à envisager la question au point de vue purement mécanique, c'est-à-dire à considérer seulement les moteurs dans les deux cas, car il serait peut-être prématuré d'établir une comparaison au point de vue industriel entre deux

Digitized by Google

systèmes dont l'un a déjà une expérience de plus de quarante ans et dont l'autre sort à peine du domaine du laboratoire.

Dans tous les problèmes de traction, il y a naturellement à considérer le travail moteur et le travail résistant. Sur une voie ordinaire de chemin de fer, le travail résistant se compose alors des résistances dues au profil et au tracé de la voie et des résistances dues aux frottements. Ces dernières sont les résistances au roulement offertes par des véhicules circulant sur une voie en paliers et en alignements droits.

Dans ce qui va suivre nous supposerons toujours que la voie se trouve dans ces dernières conditions; dans les cas où l'on opérerait sur une voie à profil et à tracé variables, on tiendrait facilement compte des résistances dues à leur présence, au moyen de formules connues.

Afin de fixer les idées, nous prendrons comme exemple la voie normale de chemin de fer sur laquelle les résistances ont été mesurées avec le plus grand soin par différentes compagnies françaises. Les résultats que l'on a obtenus ne sont pas absolument concordants, mais il faut observer qu'ils sont essentiellement fonction du matériel remorqué; dans tous les cas, on a constaté que la résistance au roulement croît avec la vitesse. Parmi les diverses formules qui expriment la relation entre la résistance et la vitesse nous prendrons l'une des plus récentes donnée par M. Regray, ingénieur en chef des chemins de fer de l'Est à la suite d'expériences faites sur les trains de voyageurs[1]. Dans les limites de vitesse comprises entre 40 et 80 kilomètres à l'heure, il donne :

$$r = 0{,}0843\, v + 1{,}83.$$

r représentant la résistance par tonne;

v représentant la vitesse exprimée en kilomètres à l'heure.

Dans les conditions que nous venons d'énoncer, la résistance totale d'un train est donc :

$$(P + Q + T)\, r + Q_1 \mu.$$

P désignant le poids du train remorqué en tonnes :

[1] *Revue générale des chemins de fer*. Juillet 1881.

Digitized by Google

Q_1 désignant le poids adhérent du moteur en tonnes ;

Q désignant le poids total du moteur en tonnes ;

T désignant le poids total du tender en tonnes ;

r désignant la résistance au roulement en kilogrammes par tonne ;

μ désignant la résistance du mécanisme du moteur par tonne de poids adhérent (on suppose comme d'ordinaire que la résistance totale du mécanisme est proportionnelle au poids adhérent).

Considérons maintenant le travail moteur. Il est d'abord essentiel de remarquer que, quelle que soit la force de traction dont dispose la machine, cet effort a nécessairement pour limite l'adhérence, soit fQ_1, f étant le coefficient d'adhérence. On admet que la valeur du coefficient f est constante pour des conditions climatériques et atmosphériques déterminées ; le point de contact entre la roue et le rail est en effet centre instantané de rotation, le frottement entre les deux surfaces a donc lieu à une vitesse nulle et théoriquement sa valeur doit être constante ; ce fait a du reste été vérifié par les expérience de M. le capitaine Galton en Angleterre en 1878.

La valeur de f varie entre $\frac{1}{4} = 0{,}25$ et 0,08 et nous prendrons la valeur moyenne généralement admise $f = \frac{1}{7} = 0{,}143$.

La charge limite des trains imposée par l'adhérence est donnée par :

$$fQ_1 = Q_1\mu + (P + Q + T)r \qquad (1)$$

Dans le cas où tous les essieux de la machine sont accouplés, tout le poids devient utile pour l'adhérence et l'on a $Q = Q_1$; la formule devient :

$$fQ = Q\mu + (P + Q + T)r \qquad (2)$$

Si la machine est une machine tender, c'est-à-dire qu'elle porte elle-même ses approvisionnements, il faut faire $T = 0$ dans la formule (1) et l'on a :

$$fQ_1 = Q_1\mu + (P + Q)r \qquad (3)$$

Digitized by Google

Mais alors Q et Q_1 correspondent non seulement en poids adhérent et au poids total de la machine proprement dite, mais à ces poids augmentés du poids des approvisionnements que l'on dispose généralement de manière à augmenter autant que possible le poids adhérent.

Les machines à marchandises travaillent en général assez près de l'adhérence, et leur charge se rapproche par conséquent de la charge limite; mais aux grandes vitesses il n'en est pas ainsi et pour le montrer nous allons prendre un exemple : cherchons quelle est la charge limite de la machine à grande vitesse du chemin de fer du Nord, à la vitesse de 80 kilomètres, et nous la comparerons à sa charge réelle. Elle pèse 43 tonnes dont 14 tonnes d'eau, afin de pouvoir effectuer aisément des parcours de 140 kilomètres sans arrêt.

On évalue le plus souvent à 10 kilogrammes par tonne de poids adhérent la résistance du mécanisme pour les machines en service régulier: à la vitesse de 80 kilomètres on a d'après la formule $r = 8^{kil},5$.

D'après la limite imposée par l'adhérence, la charge brute remorquée (train et tender) est 395 tonnes, soit 9 fois le poids de la machine seule.

La charge utile remorquée (train seul) est 346 tonnes, soit 8 fois le poids de la machine et de son tender.

En réalité à la vitesse de 80 kilomètres à l'heure, l'effet de traction net maximum que ces machines peuvent soutenir parfois pendant quelque temps est 1200 kilogrammes

La résistance du train étant de $8^{kil},5$ à cette vitesse, le poids net remorqué est 142 tonnes environ; le poids total du train serait donc dans ce cas de 218 tonnes; c'est-à-dire que la locomotive remorque 4 fois son poids (tender y compris) et que le poids du train seul est 3,3 fois le poids de la machine et du tender.

On voit donc combien, avec le mode de traction par locomotives à vapeur, on est loin d'utiliser à grande vitesse toute la force dont on dispose par l'adhérence.

Pour remédier à cet état de choses, il faudrait augmenter la puissance de traction de ces machines et à cet effet il faudrait accroître leur puissance de vaporisation. On n'augmente guère

Digitized by Google

celle-ci qu'avec la surface de chauffe, cet accroissement entraîne celui du poids de la machine et on ne peut dépasser toute limite dans la fixation de ce dernier élément. On ne peut en effet transporter impunément une énorme masse à grande vitesse ; outre les fatigues qu'elle impose à la voie, il faut examiner la manière dont elle peut elle-même se comporter et voir si elle ne peut donner à la machine une allure dangereuse.

L'expérience démontre en outre que, les machines à roues libres ne dépassant pas une vitesse de 5 tours par seconde, en admettant cette extrême limite pour les machines dont nous avons déjà parlé qui sont à quatre roues accouplées de $2^{m},10$ de diamètre, nous trouvons une vitesse de 118 kilomètres à l'heure environ.

Cette limite à la vitesse est imposée par le mouvement des divers organes de la machine même, bielles motrices et manivelles, bielles d'accouplement, etc. Nous avons pris pour exemple la locomotive à vapeur qui est la plus répandue et la plus puissante utilisée jusqu'à aujourd'hui ; mais l'inconvénient signalé précédemment est commun à toutes les machines mues par piston et ayant par conséquent recours à l'emploi de la bielle et de la manivelle.

Les machines dynamo-électriques semblent pouvoir fournir une nouvelle solution de la question des grandes vitesses. Le mouvement de rotation engendré par la présence seule du courant supprimant d'un coup le piston et la bielle évite les inconvénients dont nous avons déjà parlé. La limite de la vitesse de rotation se trouve très reculée. En effet les mouvements ou la tendance aux mouvements d'oscillation autour de trois axes rectangulaires passant par le centre de gravité de la machine et les mouvements de translation selon ces mêmes axes n'existent plus, car ils sont tous dus à la transformation du mouvement rectiligne alternatif en mouvement de rotation. Les limites de vitesse imposées à la machine ne seront théoriquement que celles qu'imposent l'action de la force centrifuge sur l'anneau et les pièces intermédiaires et les frottements des arbres dans leurs coussinets.

La pratique peut imposer évidemment des conditions spéciales, mais il n'est pas douteux que la limite de vitesse ainsi imposée

Digitized by Google

par le mécanisme ne soit bien supérieure à celle que ne peuvent dépasser les locomotives ordinaires.

Il est bon de remarquer en outre que l'accouplement auquel on a recours dans les locomotives ordinaires, pour augmenter l'adhérence, pourrait devenir inutile si l'on commandait chaque essieu par un moteur spécial, ce qui est loin d'introduire les difficultés et les complications de construction que l'on a rencontrées toutes les fois qu'on a voulu appliquer ce principe aux machines à vapeur. Ce serait à la pratique à décider plus tard si l'ensemble des résistances offertes par les deux moteurs séparés serait moindre que l'ensemble des résistances du moteur unique et de l'accouplement et, dans le cas où cette différence serait sensible, ce qui paraît probable, si les avantages que l'on en retirerait ne seraient pas contrebalancés par des inconvénients plus grands encore.

Nous allons donc examiner maintenant de quelle manière se comporte la machine électrique comme locomotive et les différentes manières dont on peut l'utiliser. R. Séguéla.

(*A suivre.*)

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Une circulaire vient d'être envoyée aux actionnaires de la Compagnie *Swan united C° limited*, pour les informer qu'à une réunion, devant avoir lieu très prochainement, le projet d'une amalgamation avec la Compagnie Édison serait soumis à leur approbation. Le proverbe qui dit que « les loups ne se mangent pas entre eux » aura reçu une sanction de plus, et les rumeurs de procès qui menaçaient l'horizon depuis quelque temps sont devenues choses du passé.

L'éclairage Maxim-Weston a Clerkenwell. — Nous avons raconté que l'éclairage de la portion de la City dévolue à la Compagnie Maxim-Weston avait été supprimé; que l'éclairage de Pentonwille-Road, entrepris par la même Compagnie, d'abord avec des lampes à incandescence Maxim, puis à l'aide de lampes à arc Weston, approchait de son terme. Ce dernier contrat d'un an prend fin le mois prochain, et la Compagnie entrepreneur, n'étant pas disposée à le renouveler, a

Digitized by Google

offert à la Paroisse de lui laisser le matériel dans les prix doux, afin qu'elle puisse continuer elle-même l'éclairage. La question ayant été référée à la commission d'éclairage, celle-ci a décidé de nommer une personne indépendante compétente pour vérifier les chiffres de la Compagnie; mais la Paroisse, sur la proposition d'un de ses membres, s'est arrêtée à la proposition suivante : « Qu'ayant considéré le coût et les difficultés, la Paroisse décide de ne prendre aucune action ultérieure sur le sujet. »

Il ne restera donc, comme éclairage de voies publiques à Londres, que le système Jablochkoff sur les quais de la Tamise, le système Brush dans la City, et le système Edison sur le viaduc d'Holborn dans la City. Le bruit court que la Compagnie Brush doit étendre son éclairage à la portion de la City éclairée par la *Maxim-Weston Company* et récemment abandonnée par celle-ci. Étant donné le prix auquel la Compagnie Brush entreprend les éclairages à sensation, il est évident qu'elle sait perdre d'un côté pour se rattraper d'un autre. Au point de vue purement spéculatif, cela fait bien de pouvoir dire qu'on est le meilleur marché de tous les systèmes d'éclairage; mais de là à répartir des dividendes réels, il y a loin.

Eclairages privés. — Si les éclairages de voies publiques disparaissent graduellement, les partisans de l'éclairage de l'avenir peuvent se réjouir à l'idée que les éclairages privés passent de plus en plus dans les mœurs. Le *Holborn-Restaurant* qui, depuis son ouverture, il y a environ un an, était éclairé partiellement au moyen d'environ 700 lampes Edison augmente son éclairage de 1000 nouvelles lampes; le *First Avenue Hôtel* dont la construction touche à sa fin, dans *High Holborn*, n'aura pas d'installation de gaz (pas plus que le *Holborn-Restaurant*) ; il est disposé pour être éclairé au moyen de 700 lampes Swan. Beaucoup de maisons en construction reçoivent maintenant des fils d'éclairage électrique en même temps que la tuyauterie à gaz, de manière à être toutes prêtes pour la connexion avec le réseau d'une station centrale, lorsque celles-ci seront établies.

South Kensington Museum. — L'administration du *South Kensington Museum* vient d'acquérir la machine motrice fixe principale des constructeurs Davey Paxman, installée à l'exposition des Fisheries, et d'une puissance de 400 chevaux nominaux. Selon toute probabilité, ce moteur servira à l'éclairage électrique; il faut donc s'attendre à voir l'éclairage électrique de cet établissement s'augmenter considérablement. De nouveaux systèmes seront-ils essayés, ou l'un ou plusieurs des quatre déjà en usage seront-ils développés ? C'est ce que nous ne saurions encore dire.

Digitized by Google

La lumière électrique a la Chambre des Communes. — Une installation d'essai, du système Edison, était montée, dans les bâtiments de la Chambre des Communes au commencement de la dernière session parlementaire. L'éclairage de la salle à manger et de la bibliothèque, pendant 103 nuits que l'expérience a duré, a donné une si grande satisfaction que le premier commissaire des travaux a non seulement acheté l'installation existante, mais encore a proposé d'étendre considérablement l'éclairage au moyen de ce système. La Compagnie Edison installe actuellement d'autres machines motrices et dynamo-électriques de façon à être prête, pour le commencement de la session prochaine, à éclairer non seulement les deux chambres précitées, mais encore les chambres de division, les chambres des ministres, et les abords de la Chambre des Communes.

Dans le cours de la session dernière, certains membres avaient demandé si l'installation Edison était définitive, faisant remarquer que, dans ce cas, la décision aurait été hâtive, puisqu'il existait d'autres systèmes d'éclairage, et que la Chambre ne devrait pas être éclairée définitivement avant de s'être assurée, par expérience, quel était réellement le meilleur système qui puisse lui convenir. Le commissaire des travaux répondait que ce n'était qu'un essai, et qu'aucune décision ne serait prise sans que des essais comparatifs avec d'autres systèmes aient eu lieu et que le résultat en soit communiqué à la Chambre. Nous ne savons pas que le système Swan ou aucun autre ait été essayé en concurrence, et nous ne savons pas que la Chambre ait été informée d'une décision pendante. Mais, au milieu des vacances parlementaires, nous arrive la nouvelle de l'achat ferme de l'installation d'essai et de l'augmentation de l'éclairage.

La Compagnie Swan qui aurait pu trouver à se plaindre de la faveur montrée ainsi à son concurrent ne dira rien, puisque son amalgamation avec la Compagnie Edison est chose décidée en principe et doit avoir lieu très prochainement. Mais les quelques autres rares Compagnies (très rares même) ayant des systèmes possibles seront désappointées de ce résultat, car l'éclairage du Parlement est le rêve de toute Compagnie, eu égard à l'énorme et avantageuse publicité qui en découle.

Le Congrès électrique. — La commission d'avis concernant le Congrès international pour la détermination des unités électriques, lequel Congrès doit avoir lieu à Paris, en octobre 1883, ayant soumis son rapport aux lords de la commission du conseil sur l'éducation, ce rapport vient d'être publié. Ladite commission d'avis comprend, entre autres membres: Sir W. Thomson; sir W. Siemens; professeurs

Digitized by Google

Stokes, Adams, Foster; lord Rayleigh; capitaine Abney; M. Preece, M. J. F. Moulton.

Après avoir passé en revue les conclusions de la conférence internationale tenue à Paris en 1882, la commission fait remarquer, au sujet de la nouvelle détermination projetée de l'ohm, que dans ses expériences à Cambridge, lord Rayleigh a obtenu une bien plus grande approximation que celle déterminée par la conférence de 1881 (savoir: 1 pour 1000). En conséquence, la commission est d'avis que, pour ce qui concerne la détermination de l'ohm, il n'est pas nécessaire de conseiller au gouvernement de faire aucune démarche sur le sujet jusqu'à ce que de nouvelles recherches déterminent des questions nouvelles la concernant.

En ce qui concerne la décision de la conférence, que les divers gouvernements organisassent des observations régulières sur l'électricité atmosphérique, la commission fait remarquer que, depuis des années, des observations continues ont eu lieu à Greenwich et à Kew, et que, manquant de détails précis sur la nature des observations proposées, le conseil ne peut faire aucune recommandation au gouvernement sur le sujet.

En ce qui concerne la proposition de la conférence que des études convenables soient faites de la foudre et des effets des courants terrestres sur les lignes télégraphiques, la commission attend des instructions plus détaillées et annonce que les délégués du Post-Office ont exprimé leur intention d'étudier sérieusement la question. La commission conseille la non-acceptation de la suggestion la plus importante de la conférence, savoir: l'établissement d'un réseau de lignes enregistrant automatiquement, à certaines stations, les changements météorologiques, donnant pour excuse la dépense qu'entraînerait l'établissement d'un pareil réseau, dépense qui, pour le moment, serait prématurée. Au sujet des courants terrestres, ceux-ci sont observés régulièrement à Greenwich sur deux lignes disposées à angle droit, et le Post-Office reçoit des rapports d'observations faites dans différentes stations établies dans l'intérieur des terres. La commission propose de soumettre au Congrès, en vue de son adoption générale s'il est approuvé, le plan au moyen duquel ces observations sont obtenues.

Au sujet de l'inspection périodique des paratonnerres, telle qu'elle est pratiquée par les autorités du ministère de la guerre sur ses bâtiments, la commission fait remarquer qu'il n'existe aucune autorité en Angleterre ayant cette fonction, et qu'il serait très désirable que cette mesure fût établie.

La sixième décision de la conférence, relative à l'examen statistique des rapports sur les orages et leurs effets sur les lignes télégraphiques

Digitized by Google

et les bâtiments, a l'approbation de la commission qui recommande que le bureau météorologique envoie aux différents observatoires météorologiques répartis dans le pays des formules imprimées contenant certaines questions, de manière à réunir et grouper les renseignements désirés. Le Post-Office, de son côté, recueille les renseignements relatifs aux lignes télégraphiques, et promet d'adopter quelque forme de questionnaire que ce soit; la commission recommande que les administrations indienne et coloniale adoptent le même questionnaire. Quant au nouvel étalon d'éclairage, la commission en reconnaît la nécessité et attend le rapport de la commission de l'Association britannique à laquelle la question a été soumise.

La commission conclut en recommandant que la Grande-Bretagne soit représentée au futur Congrès pour soumettre ses vues à la considération des délégués, et aider à établir une entente internationale dans la science électrique.

Éclairage des théatres. — Le Théâtre-Royal, à Edimbourg, est éclairé au moyen de 200 lampes Swan de 20 candles actionnés par des accumulateurs. Quatre machines dynamo, système Higgs, chargent les accumulateurs, et le moteur est une machine à gaz, système Clerk, de la force de 25 chevaux.

British Association. — La première réunion générale de la *British Association*, pour la session 1883, a eu lieu le mercredi 19 septembre, à Southport; sir W. Siemens a cédé le fauteuil de la présidence à son successeur le professeur Cayley.

Parmi les sujets traités dans les différentes sections, ou faisant l'objet de rapports devant être lus, sont les suivants : Détermination d'une jauge pour les vis employées dans la fabrication d'appareils télégraphiques et électriques; Etalons pratiques de mesures électriques; la détermination d'un étalon de lumière blanche.

Dans la section mécanique, M. A. Siemens et le docteur Hopkinson ont lu un mémoire sur le tramway électrique de Portrush; et M. Reckenzaum en a lu un sur la première chaloupe électrique.

La dernière conférence de soir donnée par le professeur M. Kendrick, professeur de physiologie à l'Institut royal de Glasgow, avait pour sujet: L'électricité galvanique et animale.

Une conférence populaire sur le téléphone a été faite par sir Frédéric Bramwell. Des trains ont été organisés pour amener économiquement les artisans des villes avoisinantes et 2000 tickets ont été distribués pour cette conférence qui a eu lieu dans la grande salle de la mairie de Southport.

Digitized by Google

UNE CHALOUPE ÉLECTRIQUE. — Une chaloupe électrique basée sur de nouveaux principes, vient d'être essayée sur la Cleyde. Les constructeurs sont : MM. Gilbert, Bogle and Company, de Glasgow, et l'inventeur est M. Clarke.

M. Clarke n'emploie ni dynamo ni accumulateur, mais une batterie et un moteur de son invention. Sa batterie est rechargée, suivant les besoins, par la simple addition d'un composé chimique. Une vitesse de 8 à 12 kilomètres fut atteinte aux essais et une autre chaloupe de 4m,50 de long doit être munie d'appareils similaires et de manière à atteindre une vitesse de 15 kilomètres à l'heure. Si cette expérience réussit, le major Macliver, à qui cette seconde chaloupe est destinée, donnera l'ordre aux constructeurs d'en établir une plus grande sur laquelle il se propose de se rendre de la mer du Nord à la mer Noire, par le Rhin et le Danube. Le major espère pouvoir faire le voyage en trois semaines, sans l'assistance d'aucun aide. J. A. BERLY.

ESSAI D'APPLICATION

DE L'ÉLECTROLYSE A LA MÉTALLURGIE

PAR MM. CL. BLAST ET E. MIEST

(3e ARTICLE[1])

PROCÉDÉ BLAS ET MIEST.

Notre méthode est basée sur les faits suivants :

1° Les sulfures métalliques naturels conduisent, à des degrés divers, le courant galvanique ;

2° Les minerais sulfurés (mélanges de sulfures et de gangues) convenablement agglomérés conduisent le courant, même quand la proportion de gangues est très forte ;

3° Si l'on électrolyse une solution d'un sel dont l'acide attaque les sulfures naturels, en employant ceux-ci comme anodes, le métal du sulfure se dissout, tandis que le *soufre* reste déposé sur l'anode. C'est avec les nitrates que cette opération se fait le plus facilement, et, dans ce cas, sans formation de sulfate.

Par exemple, le bain étant du nitrate de plomb, l'anode de la ga-

[1] Voy. l'*Électricien*, nos 51 et 52 (t. V).

Digitized by Google

lène, la cathode une lame de plomb ou d'un autre métal insoluble dans le nitrate de plomb, voici les réactions qui se passent :

$$Pb(NO_3)_2 = Pb + (NO_3)_2$$
$$PbS + (NO_3)_2 = Pb(NO_3)_2 + S.$$

Sous l'action du courant, le plomb se porte sur la cathode, et l'acide sur l'anode, où il attaque la galène et régénère le nitrate de plomb. On voit donc : 1° *que le bain reste constant et neutre, et sert indéfiniment* (à part les pertes inhérentes aux manipulations industrielles) ; 2° que l'acide du sel échappe à l'action du courant, puisqu'il ne sort d'une combinaison que pour entrer dans une autre ; 3° *que le soufre est séparé comme tel et peut être facilement extrait, problème insoluble jusqu'aujourd'hui ;* 4° que le dégagement gazeux, source la plus grande de polarisation, est évité.

Ces faits ont été vérifiés par nous, dans un grand nombre d'expériences exécutées au laboratoire.

Le procédé comprend donc deux opérations distinctes : 1° l'agglomération du minerai ; 2° l'électrolysation.

1° *Agglomération du minerai.* — Les réactions exposées plus haut s'expliquent par ce fait que l'acide transporté à l'anode s'y trouve, à l'*état naissant*, en contact avec le sulfure. Il faut donc que le courant soit transmis exclusivement par celui-ci ; car si le sulfure au lieu de constituer seul toute l'anode se trouvait seulement en contact avec une partie d'anode insoluble, il arriverait vite un moment où, par suite de l'attaque du minerai, ce contact n'existerait plus ; et alors, à moins d'employer des moyens mécaniques pour le ramener, on se retrouverait dans le cas d'anodes insolubles ; or, nous avons vu plus haut que ce système est désastreux. D'ailleurs le contact parfait du minerai avec une anode insoluble nous paraît impossible à réaliser pratiquement. Par conséquent, les réactions exposées plus haut ne pourraient se développer que partiellement et d'une manière très imparfaite.

Si l'anode était constituée de grains plus ou moins gros, renfermés dans des sacs perméables, et reliés en dehors du bain au conducteur de la machine, le courant ne se transmettrait que par les surfaces de contact des grains entre eux, surfaces variables et changeantes, qu'il est impossible de déterminer à priori. Dans ce cas on ne connaîtrait nullement la résistance de l'anode, qui serait continuellement variable d'ailleurs. La résistance de la machine étant fixe, celle du circuit, que l'on doit faire à peu près égale pour la bonne utilisa-

Digitized by Google

tion de l'électricité, doit être fixe également. C'est ce que l'on obtient avec les plaques agglomérées. L'emploi des sacs créerait d'ailleurs une résistance nuisible dans le bain. Voilà la raison d'être de l'agglomération.

Restent à voir les moyens employés pour l'obtenir.

Ces moyens sont la *chaleur* et la *pression* combinées. La pression dépasserait les limites de la pratique industrielle. La chaleur seule pourrait suffire; mais en y ajoutant la pression, nous obtenons des plaques mieux formées et dans lesquelles il ne reste que très peu de vides, le contact des particules de minerai est mieux assuré, et l'agglomération s'obtient à une température plus basse.

Nous espérons ne devoir, de cette façon, introduire dans le minerai aucune matière agglutinante, la plupart de ces substances conduisant peu l'électricité.

Le minerai broyé en grains d'environ 5 millimètres est introduit dans des moules en cuivre et en acier, et soumis à une pression d'une centaine d'atmosphères; puis fermé et chauffé dans un four à une température d'environ 600 degrés; pressé de nouveau à sa sortie du four, et enfin refroidi rapidement pour faciliter le démoulage des plaques. Les dimensions de celles-ci varient naturellement d'après la nature du minerai, sa conductibilité, etc. Toutefois, il sera bon de leur donner une très grande section pour diminuer leur résistance, ce qui permettra d'augmenter leur surface et de ramener en outre le broyage du minerai à un simple concassage[1].

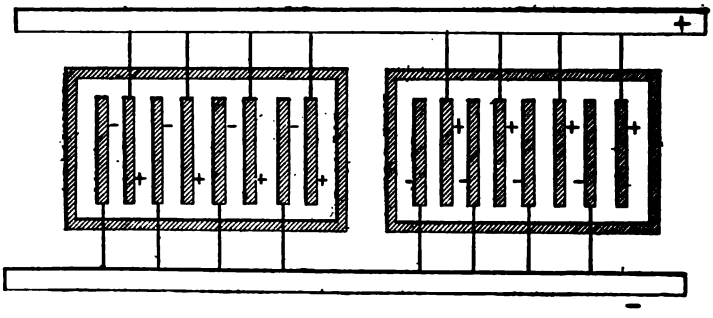
2° *Électrolysation. — Préparation du bain et immersion des électrodes.* — Les plaques de minerai préparées, comme nous venons de l'indiquer, sont fixées à des barres de fer reliées par un conducteur en fer au pôle positif d'une machine dynamo-électrique, et suspendues dans le bain. Celui-ci est formé de la solution d'un sel métallique neutre approprié à la nature du minerai à traiter. Pour la galène, le bain tout indiqué est le nitrate de plomb; pour la blende, le nitrate, le sulfate ou le chlorure de zinc; et ainsi de suite. S'agit-il de traiter un minerai mixte, le bain sera choisi d'après la teneur des différents métaux, leurs propriétés chimiques, la nature des gangues, etc. Ce point est à déterminer dans chaque cas particulier.

Les cathodes sont formées de lames de métal insolubles dans le bain employé, et reliées par des conducteurs en fer au pôle négatif de la machine.

[1] Nous avons réussi à agglomérer en plaques au moyen de quelques coups de marteau de la galène à 60 pour 100 de plomb que l'on retirait du four à griller.

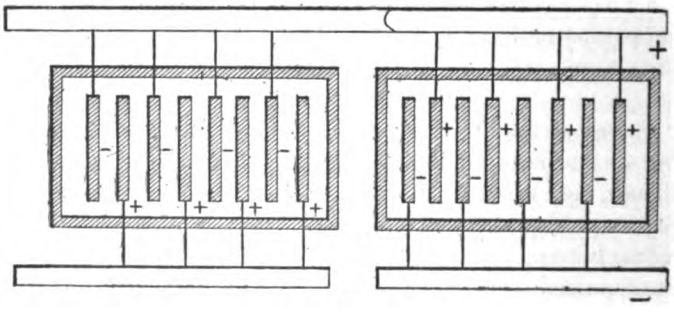
Digitized by Google

La surface des électrodes doit être la plus grande possible. D'après W. Siemens, pour le raffinage du cuivre, elle ne doit pas être moindre que 50 mètres carrés pour chaque électrode, par force de cheval de la machine. (Les deux faces de l'électrode entrent en ligne de compte pour le calcul de cette surface.)



Couplage en séries parallèles.

L'intervalle entre deux lames (minerai et métal, ou anode et cathode) doit être réduit autant que possible, pour diminuer la résistance du bain. En pratique, il ne dépasse pas 6 centimètres.



Couplage en batteries ou en tension.

Les cuves de précipitation sont en bois goudronné. Elles doivent être construites de façon à ce qu'il reste, entre le fond des cuves et l'extrémité inférieure des électrodes, un espace suffisant pour recevoir des schlamms (gangue et soufre) qui tomberont de celles-ci.

Par suite de l'attaque des anodes, il s'y forme un dépôt adhérent de soufre et de gangues, que l'on doit enlever fréquemment pour empêcher la polarisation de l'anode. Il est facile d'imaginer une disposition pour le nettoyage continu des plaques.

Il y a deux manières de les disposer :

1° En séries parallèles, où toutes les anodes de toutes les cuves com-

Digitized by Google

muniquent ensemble, d'une part, et toutes les cathodes, d'autre part;

2° En batteries, où les anodes d'une cuve sont reliées avec les cathodes de la suivante.

On choisira, dans chaque cas, la méthode la plus convenable, ou on combinera les deux dispositions d'après la résistance dn circuit (anodes, bains, cathodes), de façon à obtenir le rendement maximum en métal.

Précipitation du métal et séparation du résidu. — Les métaux, comme on le sait, peuvent se précipiter sous des formes diverses : cristaux, poudre ou plaques adhérentes, suivant l'énergie du courant, l'état du bain, les propriétés chimiques du métal, etc.

Nous ne sommes guère maîtres du courant; il doit avoir, pour décomposer le bain, une tension déterminée en dessous de laquelle on ne peut pas descendre. Mais autant que la chose sera possible on devra agir sur la composition du bain, sa concentration, etc., de manière à obtenir le métal en plaques adhérentes, afin d'éviter l'emploi des sacs en mousseline dont on enveloppe les cathodes dans le cas des dépôts cristallins non adhérents. Ces sacs s'usent assez vite, et surtout ils introduisent une résistance nuisible dans le circuit. D'ailleurs la refonte éventuelle des plaques entraîne moins de perte que celle des cristaux: et ceux-ci, avant la refonte, doivent encore être lavés et soumis à une pression assez forte pour en éliminer le liquide et l'air.

Pour faire servir continuellement les mêmes lames de cathodes, on les frotte, avant leur mise en place, avec un peu d'huile : le dépôt s'enlève alors facilement, sans dégrader la surface de la lame.

Le soufre et les gangues insolubles dans le bain employé sont lavés et séchés, ce qui se fera facilement au moyen d'une turbine pour enlever la solution qu'ils renferment. L'extraction du soufre peut se faire par distillation pour les résidus riches; mais on pourrait employer le sulfure de carbone dans des appareils réversibles, où la même quantité de dissolvant sert toujours. Si les appareils sont bien fermés, la perte sera à peu près nulle.

Nous étudierons plus loin, à l'occasion des minerais mixtes, l'action des gangues solubles.

Production du courant; contrôle de la marche de l'opération. — L'électricité étant produite par des machines et coûtant encore très cher dès qu'il faut obtenir la force motrice par la combustion du charbon, on doit s'entourer de toutes les précautions qui permettent de l'utiliser le mieux possible. A cet effet il ne faut pas perdre de vue

Digitized by Google

que le maximum d'électricité utilisable dans le circuit extérieur à la machine se présente quand la résistance extérieure est égale à la résistance intérieure. Il faut donc, avant tout, déterminer cette résistance extérieure. Celle des bains est généralement connue, elle varie surtout avec la température, et l'on a des tables de correction pour les températures ordinaires. Il est cependant bon de la déterminer aussi, ainsi que celle des *plaques* de minerai et des conducteurs. On se servira pour cela d'un ou de plusieurs éléments de pile très constants et d'un galvanomètre avec des résistances étalonnées. Ces points résolus, et connaissant le travail utile exprimé par kil. de métal à précipiter, le constructeur a les éléments nécessaires pour fournir la machine qui répondra le mieux au but.

Pour trouver les résistances mentionnées plus haut, on peut se servir du galvanomètre de torsion de Siemens et Halske, de Berlin.

La machine étant construite d'après les bases ci-dessus indiquées, et le procédé en marche, il faut pouvoir le contrôler et se rendre compte du travail de la machine. Dans ce but il faut déterminer très souvent (au moins une fois par jour) : 1° la quantité de métal précipité; 2° l'énergie du courant. En outre, il y a lieu de rechercher si le circuit ne présente pas accidentellement des fermetures secondaires ou de mauvais contacts. Le galvanomètre ordinaire avec une série de résistances étalonnées peut être employé, mais le galvanomètre de torsion de Siemens conduira plus rapidement au but.

Nous n'avons pas à insister sur le détail de ces expériences, qui se retrouvent dans toutes les applications de l'électricité.

(*A suivre*).

L'ÉCLAIRAGE DES TRAINS DE CHEMINS DE FER

PAR L'INCANDESCENCE

D'APRÈS LE DOCTEUR S. DOLINAR[1]

M. de Calo de Vienne a entrepris la tâche difficile d'éclairer par l'incandescence un train de chemin de fer sur la ligne de Vienne à Trieste (durée du trajet, 14 heures 54 minutes). Quand on songe que l'allure de ce train atteint en voie normale une vitesse de 60 kilomètres à l'heure, tandis qu'entre les stations Gloggnitz-Mürzzuschlag, à cause

[1] *Elektrotechnische Zeitschrift*, août 1883.

Digitized by Google

des fortes pentes du Semmering, elle ne dépasse pas en moyenne 28,7 kilomètres, et que ce minimum de vitesse dure 1 heure 40 minutes, on se rend compte des difficultés que peut présenter le maintien d'une intensité constante dans un éclairage par incandescence de ce genre.

Je me propose d'indiquer ici les résultats des observations faites, mais plus spécialement encore de traiter la question au point de vue théorique. Cette étude fournira quelques éclaircissements sur les procédés employés.

L'éclairage en question est basé sur l'emploi d'une machine dynamo-électrique recevant son mouvement d'un essieu de wagon par l'entremise de courroies. Avant l'amorçage de la machine, comme aux stations, les lampes reçoivent le courant nécessaire d'accumulateurs construits et préparés par M. de Calo. Ces accumulateurs doivent ainsi fournir le courant quand le train s'arrête, et le train lui-même doit les charger en marche normale. Par suite le départ s'effectue avec des accumulateurs chargés, qui se déchargent et se chargent pendant la marche et doivent finalement se retrouver complètement chargés pour être prêts à fonctionner au départ suivant.

On sait qu'une machine dynamo-électrique construite simplement sur le principe de l'auto-excitation est toujours exposée à un renversement de pôles lorsqu'elle est reliée à des accumulateurs. Pour obvier sûrement à cet inconvénient, on a pris dans le cas actuel une machine à deux circuits complètement distincts l'un de l'autre, constituant par le fait une machine double. Ainsi, l'induit de la machiue comporte un double système d'enroulement : L'un, en gros fil, fait partie du circuit principal, tandis que l'autre, en fil fin, forme avec les bobines des électro-aimants un circuit séparé. La machine porte de chaque côté un collecteur muni de deux balais en cuivre. De cette façon les pôles de la machine ne peuvent pas se renverser sous l'action du courant provenant des accumulateurs.

v (tours).	E en volts.	p en volts.	Courant d'aimantation en ampères.
500	55	42,2	8,6
600	66	50,0	10,2
700	77	58,0	11,8
800	84	65,0	13,2
900	92	74,0	15,1
925	94	75,0	15,3

Au delà de 600 tours, pour lesquels l'excitation atteint son maximum, la force électromotrice de la machine est à peu près directement proportionnelle à la vitesse.

Digitized by Google

Si nous désignons par v le nombre de tours, par E la force électromotrice de la machine, et par p la différence de potentiel aux bornes des électro-aimants inducteurs, dont la résistance était de 4.9 ohms, on peut calculer pour chaque vitesse v le courant qui produit l'aimantation du fer doux.

A. Occupons-nous d'abord de l'éclairage dans le cas d'arrêt. Les lampes employées sont des lampes Swan de petit modèle, 8 bougies normales, montées en dérivation. Une lampe de ce genre possède à chaud une résistance moyenne de 26,7 ohms; elle exige pour son intensité normale de fonctionnement un courant de 1,2 ampère et une différence de potentiel de 32 volts. Les 32 lampes représentent donc 38,4 ampères avec une résistance de 0,834 ohm, ce qui correspond à un travail mécanique de $38,4 \times 32 \times 0,00136 = 1,68$ cheval de force.

Les accumulateurs de Calo se composent de 8 plaques de plomb spongieux enduites de minium (le plomb spongieux est obtenu par un procédé métallurgique). Chaque accumulateur a une résistance intérieure de 0,02 ohm et une force électromotrice de 2 volts en bon état de charge.

Il s'agit de savoir combien il faut d'accumulateurs pour l'éclairage entier du train.

Si le service n'est pas trop considérable, il suffit de x accumulateurs tous en série pour lesquels on a alors un courant :

$$I = \frac{Ex}{rx + R},$$

valeur dans laquelle E représente la force électromotrice d'un accumulateur, r sa résistance intérieure, et R la résistance totale extérieure.

Dans le cas qui nous occupe,

$I = 38,4$ ampères,
$E = 2$ volts,
$r = 0,02$ ohm,
$R = 0,834$ ohm,

de sorte que la formule ci-dessus devient :

$$38,4 = \frac{2x}{0,02x + 0,834},$$

d'où

$$x = 25,99, \quad \text{soit} \quad x = 26.$$

Digitized by Google

Pour l'éclairage du train avec 32 lampes, il suffit donc de 26 accumulateurs du système en question disposés en tension.

Mais si l'on demande à la batterie un service plus long, les accumulateurs s'épuisent trop rapidement par l'emploi d'une seule série d'éléments en tension. Il vaut mieux, dans ce cas, employer une combinaison de deux séries parallèles de x accumulateurs en tension. Leur nombre est alors défini par la formule:

$$I = \frac{Ex}{\frac{rx}{2} + R},$$

ou, en remplaçant les lettres par leurs valeurs correspondantes:

$$38{,}4 = \frac{2x}{\frac{0{,}02x}{2} + 0{,}834},$$

d'où l'on tire:

$$x = 19{,}8;$$

de sorte que l'éclairage normal du train demande deux séries parallèles de 20 accumulateurs en tension.

B. Quelle est maintenant la disposition à prendre pour que la machine dynamo-électrique reliée aux accumulateurs fournisse aux lampes, quelle que soit la vitesse du train, une différence de potentiel constante et par suite un courant constant?

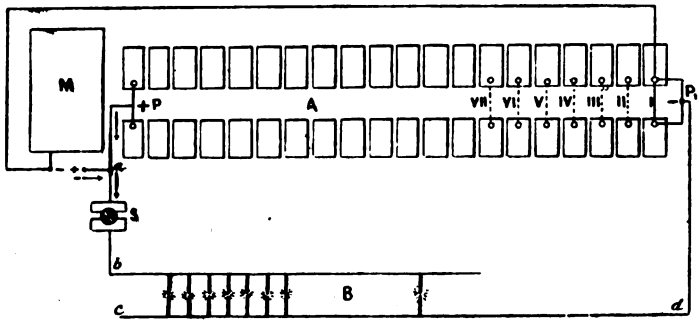


Fig. 1.

Comme l'indique le schema ci-dessus (*fig.* 1), la machine dynamo-électrique charge les deux séries d'accumulateurs A, dès qu'on enlève

Digitized by Google

la cheville du commutateur S ; dans ce cas toutes les lampes B sont retirées du circuit.

Ce schema ne permet pas de voir une partie essentielle du dispositif c'est le régulateur. Voici comment il fonctionne :

L'une des extrémités de l'arbre de la machine porte un pignon dont les dents engrènent une roue dentée fixée à un régulateur ordinaire à force centrifuge. Si la machine est au repos ou si elle a encore trop peu de vitesse, le circuit de la machine dynamo est complètement rompu, de sorte que les accumulateurs se déchargent à coup sûr dans les lampes seules et non dans les machines. Mais dès que la machine a acquis la vitesse convenable, le régulateur à force centrifuge ferme le circuit principal de la machine, et met en action la machine et les accumulateurs simultanément. Mais, en introduisant la machine dans le circuit, le régulateur retire en même temps un certain nombre des accumulateurs qui alimentent les lampes. Le nombre des accumulateurs ainsi retirés du circuit augmente avec la vitesse de la machine.

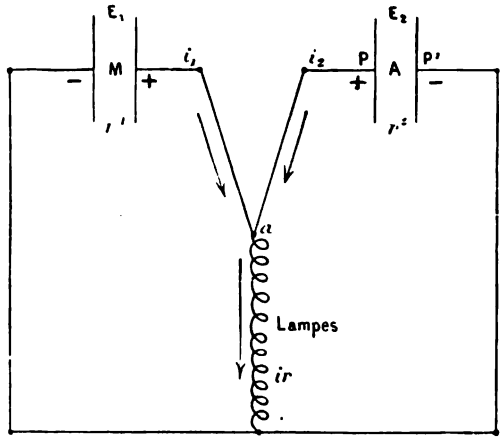


Fig. 2.

Pour bien nous rendre compte de cette disposition au point de vue théorique, étudions attentivement le schema suivant (*fig.* 2), et appelons

r la résistance des 32 lampes,

r_1 la résistance intérieure de la machine dynamo (enroulement en fil fin de l'armature),

E_1 la force électromotrice de cette dernière,

r_2 la résistance totale des deux séries d'accumulateurs,

Digitized by Google

i l'intensité du courant qui traverse les lampes,
i_1 celle du courant qui circule dans la machine,
i_2 celle du courant qui circule dans les accumulateurs.

Au point a (*fig.* 2), nous aurons, d'après la loi de Kirchoff :

$$i - i_1 - i_2 = 0; \qquad (1)$$

nous avons d'ailleurs trois circuits :

1. M, les lampes, et M,
2. P, les lampes, P′ et P,
3. M, a, P, P′ et M.

Ces trois circuits peuvent, en abrégé, se spécifier ainsi :
Le premier donne, d'après la loi de Kirchoff, l'équation :

$$i_1 r_1 + ir = E_1, \qquad (2)$$

le second et le troisième donnent d'une manière analogue :

$$i_2 r_2 + ir = E_2, \qquad (3)$$

$$i_1 i_1 - i_2 r_2 = E_1 - E_2; \qquad (4)$$

cette dernière équation résulte aussi mathématiquement des deux précédentes (2) et (3).

Les équations (1), (2) et (3) suffisent à la détermination des trois valeurs i, i_1, i_2.

On obtient en les résolvant :

$$i = \frac{E_2 r_1 + E_1 r_2}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}, \qquad (I)$$

$$i_1 = \frac{E_1 (r + r_2) - E_2 r}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}, \qquad (II)$$

$$i_2 = \frac{E_2 (r + r_1) - E_1 r}{r r_1 + r r_2 + r_1 r_2}, \qquad (III)$$

En appliquant ces formules à nos données d'éclairage, nous avons :

$r = 0{,}834$ ohm;
$r_1 = 0{,}28$ ohm,
$r_2 = 0{,}20$ ohm,
$E_2 = 40$ volts pour l'insertion de tous les accumulateurs,
$i = 38{,}4$ ampères pour le courant absorbé par les 32 lampes.
E_1 se détermine d'après le nombre de tours de la machine.

Digitized by Google

Le dénominateur est commun aux trois équations I, II, III; et dans le cas qui nous occupe, on a pour sa valeur $D = 0,456$.

Cherchons à quelle vitesse la machine dynamo peut être mise sur les accumulateurs, sans que ceux-ci lui envoient leur courant.

Il faut évidemment que $i_1 = 0$; mais, si i_1 change de signe par l'insertion de la machine sur les accumulateurs, ces derniers se déchargent partiellement sur la machine.

Quand $i_1 = 0$, nous avons:

$$E_1 = \frac{E_2 r}{r + r_2} = 32 \text{ volts.}$$

Pour cette force électromotrice la machine ne travaille plus du tout; en conséquence le régulateur doit être réglé de manière à fermer le circuit de la machine à une vitesse pour laquelle E_1 soit supérieur à 32 volts.

A quel moment maintenant les accumulateurs doivent-ils cesser de se décharger par les lampes, c'est-à-dire quand l'éclairage est-il exclusivement produit par la machine?

Quand $i_2 = 0$, aucun courant ne traverse plus les accumulateurs. Si i_2 prend une valeur négative, les accumulateurs sont chargés par la machine. Pour $i_2 = 0$, on a $E_1 = 53$ volts, ce qui correspond à une vitesse de 500 tours environ pour la machine.

Les lampes reçoivent à ce moment un courant $i = 47,8$ ampères, tandis qu'elles n'ont besoin que de 38,4 ampères. Pour soustraire sous l'action de ce courant les charbons à une détérioration trop rapide, il faut donc retirer du circuit quelques accumulateurs. Mais combien?

Pour une force électromotrice de la dynamo $E_1 = 53$ volts, une résistance intérieure de celle-ci de 0,28 ohm, et un courant de 47,8 ampères, la différence de potentiel aux bornes de la machines ou aux lampes, atteint 39,6 volts, tandis qu'il suffit de 32 volts. Cette différence de potentiel de 39,6 volts est répartie sur l'ensemble des 20 paires d'accumulateurs dont chacune fournit ainsi 1,98 volt. On déplace alors le curseur en P' jusqu'à la quatrième paire d'accumulateurs, ce qui réduit de $4 \times 1,98 = 7,92$ volts la différence de potentiel aux lampes et la ramène en conséquence à 32 volts.

On peut poursuivre aisément le même calcul et trouver toujours ainsi le nombre d'accumulateurs qui doivent être retirés du circuit suivant la vitesse du train de manière à laisser aux lampes à incandescence une intensité constante. Il suffit à cet effet d'une disposition spéciale du régulateur à force centrifuge, ce qui ne présente aucune difficulté.

Digitized by Google

On ne doit pas oublier dans la pratique que la force électromotrice de tous les accumulateurs est plus grande pendant la charge que pendant la décharge. Nous avons admis jusqu'ici 2 volts comme base de notre étude, ce qui correspond en effet à la force électromotrice moyenne d'un accumulateur bien chargé, au commencement de la décharge. Pour ne pas se tromper, on doit régler l'accumulateur de telle sorte qu'il commence à fermer le circuit de la machine dynamo à une vitesse supérieure de 17 pour 100 environ à ce qu'indiquent les calculs ci-dessus.

Nous arrivons à l'examen de l'hypothèse de l'emploi d'une seule série d'accumulateurs tous en tension.

Nous avons déjà vu que dans ce cas, il faut 26 éléments.

Les valeurs à substituer à nos notations dans les trois équations précédentes sont alors :

$r = 0{,}834$ ohm,
$r_1 = 0{,}28$ ohm,
$r_2 = 0{,}52$ ohm,
$E_2 = 52$ volts,
$i = 38{,}4$ ampères.

Le dénominateur commun est maintenant 0,813.

Quand la machine peut-elle sans inconvénient être mise sur les accumulateurs ?

Si l'on a $i_1 = 0$, il ne s'écoule aucun courant des accumulateurs dans la machine. On a alors :

$$E_1 = \frac{E_2 r}{r + r_2} = 32 \text{ volts.}$$

Quand commence la charge des accumulateurs ?

Pour $i_2 = 0$, les accumulateurs ne fournissent plus rien, et pour une vitesse encore supérieure de la machine, ils entrent en charge.

Pour cette valeur $i_2 = 0$, on a :

$$E_1 = \frac{E_2 (r + r_1)}{r} = 69{,}4 \text{ volts,}$$

ce qui correspond à une vitesse de 630 tours environ.

On voit de suite par ces deux résultats que la machine servira beaucoup plus tôt à la charge des accumulateurs quand ceux-ci seront groupés en deux séries que dans l'hypothèse d'une seule série d'éléments tous en tension.

Il résulte des expériences faites qu'on peut très bien éclairer un

Digitized by Google

train par l'incandescence tant qu'il marche en palier. Les oscillations de la lumière provenant des variations de vitesse sont insignifiantes, le courant qui alimente les lampes restant presque constant. Malheureusement les difficultés inhérentes aux pentes du Semmering n'ont pas encore pu jusqu'ici être surmontées. Les données que l'on possède à cet égard sur les accumulateurs ne sont pas à négliger. Ainsi que nous l'avons déjà dit, les 32 lampes du type employé absorbent un travail mécanique de 1,68 cheval ou de 126 kilogrammètres par seconde. Le trajet de Gloggnitz à Mürzzuschlag dure par le train en question 1 heure 40 minutes, soit 6000 secondes. Les accumulateurs doivent, en conséquence, développer pendant ce temps $126 \times 6000 = 756000$ kilogrammètres, ce qui donne, pour chacun des 40 accumulateurs, 18900 kilogrammètres à fournir avec un courant et une différence de potentiel constants.

Mais d'après les expériences publiées dans la livraison de mai 1883 de l'*Elektrotechnische Zeitschrift* (voir l'*Electricien* des 15 et 30 septembre 1883), expériences très consciencieusement faites par M. le professeur W. Hallwachs, de l'Université de Strasbourg, nous voyons que, de tous les éléments de différents systèmes mis à sa disposition, un seul a pu, parmi bien des expériences, lui rendre une seule fois 18000 kilogrammètres. Cet élément se déchargeait par un courant moyen de 1,7 ampère.

Si maintenant on remarque que dans les expériences d'éclairage ci-dessus nous consommons un courant de 38,4 ampères et qu'il doit ainsi passer 19,2 ampères par chaque élément; si l'on considère d'ailleurs, que, pour de grandes intensités de courant pendant la décharge, la force électromotrice des accumulateurs tombe presque à zéro dans un temps très court, sans pour cela que ces derniers soient complètement déchargés, on reconnaîtra que ces essais sont encore au début et que, jusqu'à nouvel ordre, les accumulateurs n'offrent pas encore assez de garanties pour un emploi pratique de ce genre au moins avec de grandes difficultés de terrain. Ainsi pendant la montée du Semmering, la différence de potentiel aux lampes tombait ordinairement au-dessous de 14 volts.

Au moment de mettre sous presse, nous apprenons la mort de M. Alfred Niaudet, *décédé le 11 octobre, à l'âge de 48 ans. Nous reviendrons prochainement sur la perte que fait la science dans la personne de notre collaborateur et ami* Niaudet *et nous nous associons au deuil de sa famille.*

Digitized by Google

SUR LA RÉSISTANCE DE L'ARC VOLTAIQUE

PAR LE DOCTEUR O. FRÖLICH

On sait que jusqu'ici les électriciens ne sont nullement d'accord sur la résistance de l'arc voltaïque.

Le travail le plus ancien sur ce sujet est celui d'Edlund (*Annales de Poggendorff*, t. CXXXI, p. 586) qui a comparé l'arc voltaïque à une cuve électrolytique, et déterminé expérimentalement, à la faveur de cette comparaison, la polarisation et la résistance *vraie* de l'arc pour un certain nombre de cas.

Dans ces derniers temps les électriciens ont à peu près délaissé ce travail sous prétexte qu'Edlund n'opérait qu'avec des piles et sur de faibles lumières, et que les résultats fournis par lui ne sont plus directement applicables aux foyers intenses d'aujourd'hui.

Par contre, on revient souvent sur la question de savoir si l'arc voltaïque possède ou non une force contre-électromotrice et l'on a cherché à la résoudre expérimentalement.

Cette démonstration est difficile, si tant est qu'il soit possible d'y arriver par l'expérience ; parmi les nombreuses recherches de ce genre, je n'en connais aucune, pour ma part, qui démontre, même avec une apparence de certitude, l'existence d'une force contre-électromotrice.

En revanche, on trouve dans une foule de travaux scientifiques et techniques cette proposition que *la différence de potentiel de l'arc voltaïque* (mesurée aux deux charbons) *a une valeur sensiblement constante* et égale à 50 volts environ (voir par exemple Richter, *Elektrotechnische Zeitschrift* 1883, p. 29). Bien des constructeurs, j'en suis convaincu, prennent pour base cette proposition, bien qu'elle ne repose encore, que je sache, sur aucune vérification positive.

Elle ne peut pas être rigoureusement exacte ; elle impliquerait en effet que les conditions électriques de l'arc voltaïque sont indépendantes de *sa longueur*, contradiction évidente avec le fait que, à intensité constante du courant, la résistance de l'arc voltaïque augmente avec sa longueur. La construction de toutes les lampes électriques est basée sur ce fait.

La résistance de l'arc voltaïque est le rapport de la différence de potentiel des deux charbons à l'intensité du courant ; nous la désignerons dans ce qui suit sous le nom de résistance *apparente*, puisqu'il n'est pas encore certain qu'il n'existe pas dans l'arc une force électro-

Digitized by Google

OBSERVATIONS DE MM. SIEMENS ET HALSKE SUR LA RÉSISTANCE APPARENTE DE L'ARC VOLTAÏQUE

(Les mesures suivantes ont été prises à l'occasion d'épreuves de *machines à lumière*; elles comprennent à dessein toutes les observations, mêmes celles pour lesquelles il y a des erreurs de mesure évidentes.)

DATES.	MACHINES.	I Intensité du courant en ampères.	L Longueur de l'arc en millimètres.	D Différence de potentiel aux charbons en volts, observée.	D En volts, calculée d'après le Dr Frölich.	R Résistance apparente de l'arc en ohms.	R En ohms, calculée d'après le Dr Frölich.
16 octobre 1882. . .	D7	30,4	4,3	45,9	46,9	1,52	1,54
		27,4	2,0	42,7	42,8	1,57	1,56
		36,2	2,8	55,4	44,2	0,99	1,22
		40.4	2,0	39,5	42,8	0,99	1,06
18 et 20 octobre 1880.	D8	36.0	5 5	45,7	49,1	1,28	1,36
		39,4	6,5	53,0	50,9	1,35	1,29
		41,8	4,6	46,3	47,5	1,12	1,14
		40,8	7,8	51,1	53,2	1,26	1,30
21 octobre 1880. . .	2 D8 en tension	30,4	7,0	53,8	51,8	1,79	1,70
		34,6	14,0	61,9	64,3	1,80	1,86
		42,7	15,0	62,3	66,1	1,47	1,55
		40,8	15.0	68,3	66,1	1,68	1,62
22 octobre 1880. . .	2 D8 en quantité	60,7	14,0	66,1	64,3	1,10	1,06
		58.0	9,8	54,6	56,7	0,95	0,98
29 juin 1881	D5	11,6	2,0	46,3	42,8	4,01	3,69
		9,01	3,5	54,6	45,5	5,97	5,05
		9,79	4,0	51,6	46,4	5,29	4,74
		8,39	2,0	50,1	42,8	6,01	5,10
		7,67	2,0	47,1	42,8	6,18	5,58
		6,92	2,0	50,1	42,8	7,28	6,18
		4,74	1,5	47.1	41,9	9,99	8,84
		4,74	1,5	42,6	41,9	9,04	8,84
		4,00	1,0	36,6	41,0	9,23	10,3
17 février 1881 . . .	2 D6 en tension	22,0	5,0	51,6	48,0	2,35	2,18
		21,1	6,0	54,9	49,8	2,54	2,36
		27,6	7,0	58,2	51,6	2,16	1,87
23 au 27 février 1881.	D7	19,1	5,0	55,7	48,0	2,41	2,51
		19,1	5,0	46,6	48,0	2,46	2,51
		20,8	7,0	47,4	51,6	2,30	2,48
		19,4	4,3	44,8	47,1	2,32	2,43
		21,6	5,0	45,6	48,0	2,12	2,22
		21,6	6,0	50,1	49,8	2,33	2,31
		19,4	4,8	47,2	47,6	2,44	2,45
		20,3	5,0	46,3	48,0	2,29	2,36
30 mars 1881. . . .	D8	39,8	4,5	44,0	47,1	1,11	1,18
		46,6	5,0	44,0	48,0	0,95	1,03
		35,9	3,9	40,6	46,0	1,14	1,28
		39,8	4,3	42,2	47,1	1,06	1,18
		45,8	4,9	45,6	47,8	1,01	1,04
20 juillet 1881 . . .	D9	114,0	8,0	53,8	53,4	0,48	0,47
		120,0	10,0	53,8	57,0	0,45	0,48
		106,0	12,0	59,0	60,6	0,56	0,57
		112,0	10,0	60,5	57,0	0,55	0,51
		106,0	12,0	58,2	60,6	0,55	0,57
		89,6	16,0	63,5	67,8	0,55	0,76
25 juillet 1881. . . .	D8	8,76	3,5	50,1	45,3	5,73	5,17
		8,76	3,3	49,3	44,9	5,64	5,13

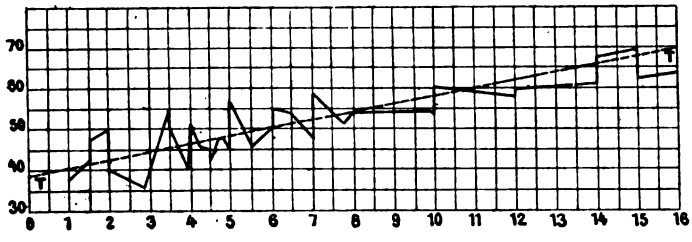
Digitized by Google

motrice, auquel cas le mot *résistance* ne répondrait plus à la propriété physique ainsi nommée d'un conducteur sans force électromotrice.

La résistance apparente de l'arc voltaïqué dépend de l'intensité du courant et de la longueur de l'arc; la recherche de cette double relation exige des observations correspondant aux valeurs les plus différentes de la longueur de l'arc et de l'intensité du courant. Celles de la maison Siemens et Halske données dans le tableau ci-dessous remplissent cette condition; il reste ensuite à déduire des résultats trouvés la relation cherchée.

La détermination de la loi à laquelle obéit la résistance apparente n'est pas facile, cette dernière étant fonction de deux variables indépendantes; il convient en conséquence de voir si, devant la différence de potentiel, qui permet de calculer directement la résistance apparente, l'une de ces deux variables ne disparaît pas ou n'est pas tout au moins négligeable.

La reproduction graphique des observations ci-dessus avec les longueurs d'arc prises pour abcisses et les tensions pour ordonnées donne la ligne brisée représentée dans la figure ci-dessous:



L'irrégularité de cette ligne provient assurément en grande partie de ce que les observations ont été prises à différentes époques par divers observateurs et à l'aide d'instruments de mesure différents; mais elle peut bien provenir également de ce que la tension ne dépend pas simplement de la longueur de l'arc, mais aussi de l'intensité du courant, comme la résistance apparente.

S'il en était ainsi, les observations ci-dessus montreraient que (pour une même longueur d'arc) la différence de potentiel de l'arc voltaïque est plus considérable pour de petites intensités de courant que pour de grandes intensités. Ce serait le contraire de ce qui se passe dans une cuve électrolytique; je ne puis me résoudre à l'admettre tant que des expériences plus précises ne l'auront pas solidement établi.

Tout ce qu'on peut déduire avec certitude de la courbe ci-dessus, c'est que la tension croît avec la longueur de l'arc, et qu'elle lui est

Digitized by Google

sensiblement proportionnelle; on peut donc la représenter par une droite TT (voy. la fig.).

Dès lors, si l'on appelle D la différence de potentiel, L la longueur de l'arc, a et b des coefficients, on a:

$$D = a + bL, \qquad (1)$$

ou en chiffres, si la tension est exprimée en volts, et la longueur de l'arc en millimètres:

$$D = 39 + 1,8L.$$

La résistance apparente de l'arc se déduit directement de la tension qu'il suffit de diviser par I; en la désignant par R on a ainsi:

$$R = \frac{D}{I} = \frac{a}{I} + b\frac{L}{I} \qquad (2)$$

ou en chiffres :

$$R = \frac{39}{I} + 1,8\frac{L}{I}.$$

LONGUEUR DE L'ARC EN MILLIMÈTRES.	TENSION EN VOLTS.	RÉSISTANCE EN OHMS. INTENSITÉ EN AMPÈRES.												
		1	5	10	15	20	30	40	50	60	70	80	90	100
0	39,0	39,0	7,80	3,90	2,60	1,95	1,30	0,98	0,78	0,65	0,56	0,49	0,43	0,39
1	40,8	40,8	8,16	4,08	2,72	2,04	1,36	1,02	0,81	0,68	0,58	0,51	0,45	0,41
2	42,6	42,6	8,52	4,26	2,84	2,13	1,42	1,07	0,85	0,71	0,61	0,53	0,47	0,43
3	44,4	44,4	8,89	4,44	2,96	2,22	1,48	1,11	0,89	0,74	0,63	0,56	0,49	0,44
4	46,2	46,2	9,24	4,62	3,08	2,31	1,54	1,16	0,92	0,77	0,66	0,58	0,51	0,46
5	48,0	48,0	9,60	4,80	3,20	2,40	1,60	1,20	0,96	0,80	0,69	0,60	0,53	0,48
6	49,8	49,8	9,96	4,98	3,32	2,49	1,66	1,25	1,00	0,83	0,71	0,62	0,55	0,50
7	51,6	51,6	10,3	5,16	3,44	2,58	1,72	1,29	1,03	0,86	0,74	0,65	0,57	0,52
8	53,4	53,4	10,7	5,34	3,56	2,67	1,78	1,34	1,07	0,89	0,76	0,67	0,59	0,53
9	55,2	55,2	11,0	5,52	3,68	2,76	1,84	1,38	1,10	0,92	0,79	0,69	0,61	0,55
10	57,0	57,0	11,4	5,70	3,80	2,85	1,90	1,43	1,14	0,95	0,81	0,71	0,63	0,57
11	58,8	58,8	11,8	5,88	3,92	2,94	1,96	1,47	1,18	0,98	0,84	0,74	0,65	0,59
12	60,6	60,6	12,1	6,06	4,04	3,03	2,02	1,51	1,21	1,01	0,87	0,76	0,67	0,61
13	62,4	62,4	12,5	6,24	4,16	3,12	2,08	1,56	1,25	1,04	0,89	0,78	0,69	0,62
14	64,2	64,2	12,8	6,42	4,28	3,21	2,14	1,61	1,28	1,07	0,92	0,80	0,71	0,64
15	66,0	66,0	13,2	6,60	4,40	3,30	2,20	1,65	1,32	1,10	0,94	0,83	0,73	0,66
16	67,8	67,8	13,6	6,78	4,52	3,39	2,26	1,70	1,36	1,13	0,97	0,85	0,75	0,68
17	69,6	69,6	13,9	6,96	4,64	3,48	2,32	1,74	1,39	1,16	0,99	0,87	0,77	0,70
18	71,4	71,4	14,3	7,14	4,76	3,57	2,38	1,79	1,43	1,19	1,02	0,89	0,79	0,71
19	73,2	73,2	14,6	7,32	4,88	3,66	2,44	1,83	1,46	1,22	1,05	0,92	0,81	0,73
20	75,0	75,0	15,0	7,50	5,00	3,75	2,50	1,88	1,50	1,25	1,07	0,94	0,83	0,75

Les colonnes spéciales du tableau ci-dessus permettent de comparer la concordance de ces formules avec les résultats des expériences

Digitized by Google

de la maison Siemens et Halske en regard desquels sont indiquées les tensions et les résistances calculées d'après les formules précédentes.

Le tableau ci-contre donne les tensions et les résistances ainsi calculées ; il répond avec une exactitude suffisante aux besoins de la pratique.

Il s'agit maintenant de voir si les nouvelles relations obtenues (1) et (2) ne permettent pas de décider entre les deux hypothèses sur la nature de l'arc électrique, savoir la théorie de la *polarisation* ou celle de la *résistance au passage*.

S'il y a, au passage du charbon dans l'arc et de l'arc dans le charbon, une *contre-force électromotrice* ou *polarisation* (P), k étant d'ailleurs la conductibilité, S la section de l'arc, on a pour la tension D et la résistance apparente R :

$$\left.\begin{aligned} D &= P + \frac{1}{k}\frac{L}{S}I, \\ R &= \frac{P}{I} + \frac{1}{k}\frac{L}{S}. \end{aligned}\right\} \qquad (a)$$

Si au contraire il n'y a pas de polarisation, mais bien une résistance au passage que nous désignerons par U (par unité de surface de la section), on a :

$$\left.\begin{aligned} D &= \frac{U}{S}I + \frac{1}{k}\frac{L}{S}I, \\ R &= \frac{U}{S} + \frac{1}{k}\frac{L}{S}, \end{aligned}\right\} \qquad (b)$$

Comparons les formules (a) et (b) aux formules (1) et (2) résultant des expériences; on voit que les formules (a) aussi bien que les formules (b) ne peuvent concorder avec celles fournies par l'expérience que *si la section de l'arc est proportionnelle à l'intensité du courant.* Dès qu'on admet cette conclusion (et l'on sait que la section augmente avec l'intensité du courant), et qu'on remplace dans les formules (a) et (b) S par cI, on trouve :

pour (a) :

$$D = P + \frac{1}{kc}L$$

$$R = \frac{P}{I} + \frac{1}{kc}\frac{L}{I}$$

pour (b) :

$$D = \frac{U}{c} + \frac{1}{kc}L$$

Digitized by Google

$$R = \frac{U}{cI} + \frac{1}{kc}\frac{L}{I},$$

relations qui concordent avec les formules (1) et (2).

Quant à la signification des coefficients *a* et *b*, l'on voit que si l'on fait $c = 1$, c'est-à-dire si l'on prend pour unité de section celle correspondante à l'unité d'intensité, on peut considérer *a* comme la grandeur de la *polarisation* ou comme la valeur de la *résistance au passage pour la section* égale à l'unité, et que *b* est la réciproque de la *conductibilité de l'arc.*

Nous voyons d'ailleurs que les expériences s'expliquent aussi bien par l'un ou l'autre de ces systèmes, ou encore finalement d'une façon mixte par les deux à la fois.

Il n'est donc pas probable *a priori* qu'un seul des deux systèmes suffise à l'explication.

L'hypothèse d'une polarisation se justifie principalement par la diversité des phénomènes observés aux deux charbons et par le fait que la formation de l'arc exige un certain minimum de tension; elle a contre elle la valeur élevée de la polarisation à laquelle on arrive, polarisation à peu près dix fois aussi considérable que toutes les polarisations connues; ce dernier argument est en faveur de l'hypothèse d'une résistance au passage.

Quant au travail T fourni dans l'arc voltaïque, les formules (1) et (2) en donnent l'expression :

$$T = DI = (a + bL)I. \qquad (3)$$

Il est également *proportionnel à l'intensité du courant.*

Ce travail est en grande partie absorbé en production de chaleur rayonnante et de lumière; peut-être bien est-il aussi en partie employé par l'arrachement mécanique des particules de charbon; mais à ces effets électriques vient encore s'ajouter le travail de combustion qui produit également de la lumière et de la chaleur.

Etant donné maintenant que ce qu'on nomme ordinairement *intensité lumineuse* de l'arc s'applique uniquement aux rayons lumineux émis *horizontalement*, on voit que cette intensité lumineuse n'est qu'une expression très imparfaite du travail fourni dans l'arc par le courant électrique. Toujours est-il que la formule (3) semble confirmer la proposition souvent émise dans ces derniers temps que l'*intensité lumineuse est proportionnelle à l'intensité du courant.*

(*Elektrotechnische Zeitschrift*, avril 1883).

Digitized by Google

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 17 septembre 1883.

M. D. Colladon présente une note *sur les incendies allumés par la foudre.*

L'année 1883, comme l'année 1868, est exceptionnellement fertile en orages, surtout en Suisse. M. Colladon décrit deux cas particuliers qui ont occasionné des incendies, et signale les précautions élémentaires qui auraient pu prévenir ce désastre. Voici les conclusions auxquelles arrive l'auteur:

On multiplie aujourd'hui le nombre des pièces métalliques dans les constructions; beaucoup de fermes et de maisons d'habitation sont pourvues de réservoirs à eau dans l'intérieur des bâtiments; le fer-blanc et le zinc remplacent assez généralement les tuiles et servent à couvrir les toits. Ces améliorations devraient être généralement complétées, en vue d'un foudroiement possible, par des liaisons métalliques continues, allant du faîte jusqu'à la terre, et offrant un écoulement facile à la foudre pour se répandre dans le sol sans dégrader ou incendier les maisons foudroyées.

M. G. Cabanellas étudie la *loi électrique de conservation de l'énergie sous toutes formes*, à l'entrée et à la sortie des systèmes matériels quelconques franchis électriquement.

Sur un nouvel électromètre capillaire. — Note de M. A. Chervet.

Cet appareil peut servir à évaluer une différence de potentiel plus petite que $0^d,9$ (les $\frac{9}{10}$ de la force électromotrice d'un élément Daniell), avec une approximation égale à $0^d,001$; cependant sa simplicité est telle qu'on peut facilement le construire dans un laboratoire.

Deux flacons tubulés latéralement contiennent, le premier, A, du mercure; le second, B, du mercure et de l'eau acidulée par $\frac{1}{10}$ d'acide sulfurique en volume. Les deux tubulures latérales sont centrées sur le même axe; un tube à thermomètre, ouvert aux deux bouts, établit la communication entre les deux flacons. La partie du tube qui correspond au réservoir du thermomètre est fixée du côté du flacon à mercure A; la partie capillaire s'ouvre dans l'eau du flacon A.

Digitized by Google

Un fil de platine P, isolé par une gaine en verre, plonge dans le mercure du flacon A, sans être en contact avec l'eau acidulée; un fil de platine N plonge dans le mercure du flacon A. Au moyen d'un commutateur, on peut relier métalliquement les fils P et N, ou bien intercaler entre ces deux fils une différence de potentiel V, plus petite que $0^d,9$; le fil P doit toujours être positif.

Les hauteurs de mercure et d'eau dans les flacons A et B sont telles que, les fils P et N étant reliés métalliquement, la surface de séparation des deux liquides se trouve dans la région capillaire et se raccorde avec la partie élargie du tube thermométrique, mais le plus près possible de la partie capillaire. Soit α l'angle du cône tangent à la surface du tube au point où se trouve le ménisque; α est un angle fort petit; soient a la dépression capillaire et r le rayon du tube,

$$a = \frac{M}{r};$$

M est une quantité qui dépend de la différence de potentiel V qui est intercalée entre les deux fils P et N.

Si V augmente depuis 0 jusqu'à $0^d,9$, le fil P étant positif, M augmente; donc r doit augmenter, et le ménisque se déplace du côté du flacon A.

Si $V = 0^d,001$, M augmente de $\frac{1}{750}$ de sa valeur (Mémoire de M. Lippmann, *Annales de Chimie et de Physique*, 5e série, t. V); soit x le déplacement correspondant, le rayon du tube devient $r + x \sin\alpha$, et l'on a:

$$a = \frac{M}{r} = \frac{M + \frac{1}{750} M}{r + x \sin\alpha} = \frac{\frac{1}{750} M}{x \sin\alpha},$$

d'où :

$$x \sin\alpha = \frac{r}{750}.$$

Si $a = 0^m,01$, $r = 0^m,00045$, le déplacement x, pour être visible à l'œil nu, doit être plus grand que $0^m,0002$; alors

$$\sin\alpha = \frac{0,00045}{750 \times 0,0002}$$

et $\alpha = 10'$ environ.

Donc, le tube capillaire ayant environ $0^{mm},5$ de rayon ou 1^{mm} de diamètre, le ménisque a sa position normale s'arrêtant en un point où l'angle du cône est d'environ $10'$; lorsque, par le jeu du commutateur, on intercalera entre les points P et N une très petite différence

Digitized by Google

de potentiel, on verra à l'œil nu un déplacement très apparent du ménisque toutes les fois que la différence de potentiel sera de l'ordre de $\frac{1}{1000}$ de volt.

Si l'on observe à travers une loupe grossissant dix fois, la loupe étant munie d'un œilleton pour assurer la direction du rayon visuel, on pourra évaluer une différence de potentiel de l'ordre de $\frac{1}{10000}$ de volt.

Pour bien apprécier le déplacement du microscope, il faut avoir un trait de repère correspondant à la position normale. C'est simplement une petite bande de papier, à bords coupés bien nettement, qui est collée sur le tube capillaire. On pourrait la remplacer avantageusement par un petit anneau en platine.

La sensibilité de l'appareil étant bien démontrée, voyons comment il pourra servir à la mesure des différences de potentiel.

Soit V la différence du potentiel intercalée entre les fils P et N: le ménisque s'est déplacé de sa position normale; on l'y ramène en exerçant une pression compensatrice p à la surface du mercure du flacon A. La dépression capillaire étant faible, $0^m,01$ environ, la pression compensatrice p sera très petite. Pour la mesurer je me suis servi d'un manomètre à eau, à tube incliné. Si l'on veut avoir une plus grande précision, on emploiera le manomètre différentiel de M. Kretz. Je suppose que la différence du potentiel soit $0^d,0001$; nous savons que le déplacement est visible à travers la loupe. Cherchons quelle est, au manomètre différentiel, la pression compensatrice qui ramènerait le ménisque à sa position normale.

D'après les expériences de M. Lippmann, cette pression évaluée en mercure est $\frac{1}{7500}$ partie de la dépression capillaire; mesurée au manomètre à eau, elle serait 13,5 fois plus grande; mesurée au manomètre différentiel de M. Kretz, 29 fois plus grande encore; donc, la dépression capillaire étant $0^m,01$, la pression compensatrice correspond à $0^d,0001$, sera environ :

$$\frac{0,01}{7500} \times 13,5 \times 29 = 0^m,0005;$$

la surface de séparation des deux liquides du manomètre (eau alcoolisée et essence de térébenthine) se déplacera d'environ $0^{mm},5$, longueur qu'il est facile d'évaluer sur une règle graduée.

Pour graduer l'appareil, il suffit de mesurer la pression compensatrice p_0 qui correspond à 1^d. On sait, en effet, que tous les électromètres capillaires sont comparables. On consultera la Table donnée par M. Lippmann (*Annales de Physique*, 5e série, t. V); elle donne en

Digitized by Google

regard les pressions P et les potentiels correspondants V; soit en particulier P_0 la pression correspondante à 1d, il suffira de réduire tous les nombres de la Table des pressions dans le rapport $\frac{p_0}{P_0}$ pour avoir une Table s'appliquant à l'électromètre que l'on veut graduer.

Sur le phénomène de Hall. — Note de M. Aug. Righi.

Les recherches sur cet important phénomène m'ont conduit à deux résultats dont je crois utile de donner, dès à présent, connaissance.

Le premier résultat se rapporte à la forme de la lame en expérience. Au lieu d'avoir la forme de croix avec quatre électrodes, elle a une forme absolument quelconque et porte trois électrodes. Le courant entre ou sort par l'une des électrodes, et sort ou entre par les deux autres. Les deux courants partiels circulent en direction opposée *dans les deux circuits de chacune des bobines* d'un galvanomètre de Wiedemann; une résistance convenable introduite, ou deux autres bobines parcourues par le courant total, permettent de maintenir l'aiguille au zéro ou presque au zéro. L'instrument accuse des variations opposées dans l'intensité des deux courants partiels, dès que l'on ferme le circuit de l'électro-aimant, entre les pôles duquel la lame est placée. Le sens de la déviation montre que les lignes équipotentielles sont tournées en sens contraire du courant magnétisant, pour l'or et les autres métaux où le phénomène de Hall a le même sens, et dans le même sens que le courant magnétisant pour le fer. En changeant la direction du courant qui parcourt la lame, on obtient des déviations galvanométriques qui démontrent que l'effet ne peut pas s'expliquer par une action directe du magnétisme sur le courant. Tout sera expliqué dans mon Mémoire.

Cette manière d'opérer permet d'employer des lames de dimensions très minces et tout à fait irrégulières, pourvu qu'elles soient assez minces.

Le deuxième résultat se rapporte au phénomène de Hall dans le bismuth, métal dans lequel il n'avait pas encore étudié, peut-être à cause de la difficulté qu'il semble présenter à se réduire en feuilles minces ou assez larges. Par la méthode précédente, j'ai découvert que l'effet Hall se produit avec le bismuth dans le même sens qu'avec l'or, mais avec une intensité extraordinaire, environ 5000 fois celle de l'or. Ainsi, avec même intensité de courant et mêmes dimensions, une lame de bismuth de 0mm,079 d'épaisseur a donné des déviations cinq ou six fois plus grandes qu'une feuille d'or épaisse de 0mm,000087. On obtient l'effet Hall dans le bismuth, même avec une simple barre d'acier aimantée, substituée à l'électro-aimant.

Digitized by Google

Dernièrement, je suis arrivé à construire des lames de bismuth très minces et assez régulières pour leur donner la forme ordinaire de croix. Avec une petite barre aimantée, que l'on approche successivement de la lame par l'un ou l'autre pôle, j'ai obtenu l'effet Hall d'une manière assez marquée pour avoir des déviations galvanométriques (permanentes si l'aimant est laissé en place) d'un demi-mètre de l'échelle. Je travaille maintenant à perfectionner la construction des lames de bismuth très minces, et j'ai la conviction que je parviendrai à obtenir l'effet Hall par la seule influence du magnétisme terrestre.

M. A. Guyard indique une méthode de recherche qualitative du manganèse dans le zinc du commerce, les cendres de zinc et de calamine, et du bismuth dans le plomb commercial, au moyen de l'électrolyse.

Séance du 24 septembre 1883.

M. Quet présente une note *sur l'induction due à la variation d'intensité du courant électrique dans un circuit plan et dans un solénoïde cylindrique.* — Le calcul conduit à deux lois analogues à celles de Biot et Savart.

M. A. Chervet étudie la *distribution du potentiel dans des masses liquides de forme déterminée*, dans les deux cas suivants :

1° Lame rectangulaire indéfinie dans le sens de la longueur ;

2° Masse liquide limitée par deux plans parallèles verticaux.

L'accord entre les potentiels calculés et les potentiels mesurés au moyen de l'électromètre capillaire a paru satisfaisant.

Solution du problème de la détermination du méridien magnétique par la boussole elle-même sur les navires en fer. — Note de M. E. Bisson, présentée par M. F. Perrier.

J'ai acquis, après de longues recherches, la conviction que ce problème ne serait soluble qu'à la condition d'obtenir deux aiguilles susceptibles de recevoir une action identique du fait des *forces déviantes* du navire, en même temps que deux actions *différentes* du fait du couple terrestre.

La première condition était facile à remplir : il suffisait pour cela d'employer deux aiguilles dont les centres fussent placés sur une même verticale, à une différence de hauteur assez faible pour que, *pratiquement*, la composante horizontale des *forces déviantes* pût être considérée comme la même par rapport aux deux aiguilles; en effet, deux aiguilles placées à quelques centimètres au-dessus l'une de

Digitized by Google

l'autre rempliront la condition voulue, si l'on a pris la précaution de choisir un emplacement distant de 1 mètre à 1m,50 de toute substance susceptible de les influencer.

La seconde condition était impossible à obtenir directement; j'ai donc dû chercher à créer artificiellement une situation analogue; voici comment j'y parviens: je remarque que deux aiguilles de *dimension* et de *masse* égales, ayant leur centre sur une même verticale, exercent deux actions identiques l'une sur l'autre; cette double action se manifeste par une égale *déviation* de chacune des aiguilles à l'est et à l'ouest du méridien; la déviation diminue à mesure qu'on augmente la distance des aiguilles et cesse lorsque cette distance est assez grande pour que les deux aiguilles n'exercent plus d'action l'une sur l'autre: elles reprennent alors toutes deux la direction du méridien magnétique.

Mais, si les masses des aiguilles sont différentes, les actions réciproques de l'une sur l'autre ne seront plus égales; cette inégalité d'action présente trois phases qui ont pour conséquence trois conditions bien distinctes d'équilibre des aiguilles:

1° Si la différence de *masse* des aiguilles, c'est-à-dire de leur *puissance magnétique*, en les supposant de *même acier* et aimantées à saturation, et la distance à laquelle elles sont placées sont telles que l'action de la plus forte sur la plus faible atteigne ou dépasse le double de l'action terrestre sur cette dernière, toutes deux conserveront la *direction* du méridien, mais la plus faible sera complètement retournée.

2° Si la différence des *masses* et la distance des aiguilles sont telles que l'action de la plus forte soit supérieure à l'action du couple terrestre, mais moindre que le double de cette action, les deux aiguilles seront inégalement *déviées* du méridien en raison de l'action réciproque, mais inégale, qu'elles exercent l'une sur l'autre.

3° Si, enfin, l'action de la plus forte sur l'autre est moindre que l'action terrestre, toutes deux seront maintenues dans la *direction* du méridien magnétique; les deux aiguilles se comportent, en effet, l'une à l'égard de l'autre comme deux couples d'une intensité directrice inégale et tous deux de *direction contraire* à celle du couple terrestre et d'une moindre intensité; il s'établit, par suite, deux résultantes, *différentes comme intensité, mais non comme direction*, des actions du couple terrestre et du couple que chaque aiguille forme par rapport à l'autre; si j'appelle $+ a$ l'intensité directrice du couple terrestre, $- m$ et $- n$ les intensités respectives des deux couples formés par les aiguilles, m et n étant *plus petits* que a, il est évident que les deux aiguilles conserveront la direction du méridien magnétique, laquelle leur sera donnée respectivement par *deux couples de même*

Digitized by Google

direction, mais d'intensité différente, qui auront pour expression $a - m$ et $a - n$. Leur équilibre, dans la direction du méridien, sera d'autant plus *stable* que l'action de la plus forte aiguille sur la plus faible sera moindre.

J'ai constaté expérimentalement qu'il était facile d'obtenir cette dernière relation entre deux aiguilles avec un éloignement vertical de quelques centimètres seulement, en sorte que les deux aiguilles recevront, comme je l'ai dit plus haut, deux actions identiques du fait des forces *déviantes;* elles seront, en second lieu, à raison de *l'action différente, mais moindre que celle du couple terrestre* qu'elles exercent l'une sur l'autre, placées à l'égard d'une force déviante comme si l'action du couple terrestre s'exerçait inégalement sur elles: j'aurai donc ainsi créé artificiellement les relations que je me proposais d'obtenir.

Mais, l'intensité de l'action horizontale de la Terre changeant avec les latitudes, il est impossible d'admettre la *constance* de la dernière relation; aussi me suis-je proposé de rendre la solution que je présente applicable aux trois phases ci-dessus indiquées, ce qui me permet, en outre, de rapprocher les aiguilles sans inconvénient.

Je dois, d'abord, constater que, lorsque les deux aiguilles *seront* ou *auront été ramenées* dans la direction du méridien, elles n'exerceront plus l'une sur l'autre d'action *horizontale*, mais seulement une action *verticale* dont l'effet est détruit par leur suspension; mais lorsque, *par une cause quelconque*, elles prennent des directions différentes, il intervient deux *composantes horizontales* nouvelles du fait de l'action réciproque des deux aiguilles. Il est certain que, tant que cette double action horizontale subsistera, les deux aiguilles ne pourront avoir une même direction, et l'on démontre aisément qu'il en sera ainsi tant qu'elles ne seront pas dans la direction du méridien magnétique.

Si je suppose, maintenant, l'intervention d'un ensemble de forces *déviantes*, les deux aiguilles seront sollicitées, *toutes deux*, par ces actions *déviantes* et par le couple terrestre, et *chacune* d'elles, en outre, par l'autre aiguille; leur direction sera donc différente, puisqu'elle sera, pour chacune d'elles, la direction de la résultante des actions de trois composantes, dont deux sont respectivement égales et la troisième différente.

J'ai tiré de ces considérations la conséquence que, si je faisais intervenir un barreau aimanté, susceptible de faire une évolution horizontale entière autour de la verticale qui passe par le centre des deux aiguilles et exerçant, comme les forces *déviantes*, une même action sur toutes les deux, je rencontrerais forcément deux azimuts dans lesquels la résultante des actions des forces *déviantes*, et du *barreau aimanté*

Digitized by Google

occuperait la direction du méridien; les deux aiguilles, *ramenées* alors dans cette même direction, n'exerceraient plus l'une sur l'autre qu'une action *verticale* détruite par leur suspension et conserveraient, par suite, toutes deux, la direction du méridien magnétique.

Je n'ai pas besoin d'ajouter que cette solution est générale si l'on se place dans les deux autres relations, indiquées plus haut, des actions de la plus forte aiguille sur la plus faible, c'est-à-dire si cette action dépasse celle du couple terrestre ou même le double de celle du couple terrestre; il suffira d'augmenter la force du barreau, mais les deux aiguilles ne pourront *jamais* avoir *simultanément* la *même direction*, sous l'action de forces déviantes, qu'autant que ce sera celle du méridien.

J'ai démontré mathématiquement ces diverses propositions, dans une Note déposée sous pli cacheté à l'Institut le 16 avril dernier, et j'ai fait construire sur ces données un compas de mer que M. le Ministre de la Marine a bien voulu soumettre à l'examen du Dépôt des Cartes et Plans.

Le Comité hydrographique, après une étude à laquelle ont pris part M. le contre-amiral Dumas-Vence, MM. les commandants Gervais et Gaspari et MM. les ingénieurs-hydrographes Gaussin et Ch. Ploix, a transmis, le 27 juin dernier, à M. le Ministre de la Marine, le vœu émis par le Comité et tendant à ce que l'essai sollicité par moi, de mon compas, fût fait à bord d'un des bâtiments cuirassés de la flotte.

Séance du 1er octobre 1883.

M. Boulanger présente une note *Sur le transport et la distribution de la force. Expériences faites par M. Marcel Deprez* (voy. page 337).

BIBLIOGRAPHIE

Des progrès récents réalisés dans la construction de lignes télégraphiques et téléphoniques, par M. Henry Vivarez, ancien élève de l'École polytechnique et de l'École des mines.

La petite brochure que vient de publier M. Vivarez intéresse vivement tous ceux qui s'occupent de téléphonie, de télégraphe et de transmission de force. Elle apporte sur le prix, les résistances électriques, les résistances de rupture, etc., des renseignements nets et précis que nous nous proposons de résumer ici prochainement, ce qui nous dispense de nous étendre plus longuement ici sur cet utile opuscule.

Digitized by Google

ELECTRICITY AND ITS USES, par J. MUNRO. *The religion tract Society*, Éditeur. London. — L'auteur de cet ouvrage s'est proposé de faire connaître, en un petit volume de 180 pages, les principes de tous les appareils électriques qui excitent aujourd'hui la curiosité du gros public, public n'ayant pas toujours le temps ni les connaissances nécessaires pour étudier la science électrique elle-même. L'auteur nous semble avoir parfaitement atteint son but.

L'ouvrage présente cependant une singularité que nous devons signaler, car elle constitue ce qu'on pourrait appeler le comble de la propagande religieuse, qu'on ne s'attendait guère à rencontrer dans un ouvrage sur l'électricité et ses applications. Vers le milieu du livre (page 105), après avoir passé en revue les effets merveilleux de l'électricité, l'auteur arrive à se demander quelle est la nature et l'origine de la matière. Sa réponse est que la science n'apporte pas de solution, qu'elle ne saurait en apporter, et que ni l'expérience ni la raison ne peuvent nous satisfaire sur ce point.

Jusqu'ici rien à dire. Mais comme il reste encore une demi-page à remplir avant de passer au chapitre suivant, l'éditeur prend la plume et répond aux questions posées par l'auteur. (Un filet sépare les deux textes, et le dernier est signé : ED. R. T. S.)

Nous ferons grâce à nos lecteurs de ce morceau de prose religieuse, mais nous croyons que ce procédé particulier de propagande ne s'acclimaterait que fort difficilement en France.

L'ÉLECTRICITÉ A L'EXPOSITION INTERNATIONALE ET COLONIALE D'AMSTERDAM DE 1883, par M. *Charles Mourlon*, membre du Comité belge du VII^e^ groupe. *A. N. Lebègue* éditeur, Bruxelles.

THE CHEMISTRY OF THE SECONDARY BATTERIES OF PLANTÉ AND FAURE, par MM. *J. H. Gladstone, Ph. D., F. R. S.*, et *Alfred Tribe, F. Inst. C.*, lectures on chemistry in Dulwich college. *Macmillan and C^o^* éditeur, London.

Ce petit livre est la reproduction des articles publiés sur la question dans le journal anglais *Nature* en 1882 et 1883. Cette étude, d'un caractère purement scientifique, sera consultée avec fruit par tous ceux qui étudient les accumulateurs dans le but de développer leur emploi industriel, car elle leur évitera bien des recherches et bien des mécomptes.

Digitized by Google

FAITS DIVERS

L'effet de la lumière électrique sur les yeux. — Cette question importante a été traitée aux États-Unis, dans le *Medical Record*, par le professeur Mauthner, d'après qui la lumière doit réunir trois qualités essentielles : la fixité, l'intensité et la composition de la lumière. Sous le rapport de la fixité, la lumière de l'arc voltaïque laisse à désirer et, par suite, elle fatigue l'œil, tandis que les lampes à incandescence, et particulièrement celles qui sont alimentées par des accumulateurs, sont parfaites sur ce point et, l'intensité de ces lampes pouvant être réglée à volonté, celles-ci sont les plus favorables à l'œil qu'elles n'éblouissent pas par une clarté trop vive et parfois aveuglante; il importe de tamiser la lumière en se servant d'ampoules légèrement dépolies. Les divers modes d'éclairage employés jusqu'à présent, tels que l'huile et le gaz, contiennent une forte proportion de rayons jaunes, alors que, dans la lumière électrique, les rayons bleus et violets sont prépondérants, ce qui produit un effet plus agréable sur la rétine. Il est en outre à remarquer que la lumière électrique modifie moins la perception des couleurs que le gaz et le pétrole, et que le point essentiel d'un éclairage ne réside pas tant dans son éclat que dans sa fixité constante et dans sa douceur, conditions que réunissent à un très haut degré les lampes à incandescence et que l'on peut amener presque à la perfection en prenant le courant sur des accumulateurs. C'est en se plaçant dans cet ordre d'idées que le professeur américain ne voit aucun inconvénient pour la vue dans l'emploi des lampes à incandescence.

—

Aimantation des rails. — Nous cueillons cette nouvelle chez un de nos confrères industriels : « Un professeur de la Faculté des sciences de Marseille, auquel s'étaient joints deux ingénieurs de la voie du chemin de fer de P.-L.-M., vient de faire de curieuses expériences sur les rails du chemin de fer, entre Marseille et Rognac. Il a constaté que tous les rails posés depuis quelque temps étaient transformés à leurs deux extrémités en aimants puissants, capables d'attirer et de retenir des clefs de fer et même des pièces plus fortes.

« Si on enlève les rails, ils conservent quelque temps leur magnétisme, mais ils le perdent peu à peu. Le magnétisme n'est appréciable que lorsqu'on a enlevé les éclisses du rail. Il se forme deux pôles de noms contraires aux extrémités correspondantes des deux rails.

« La production du magnétisme dans les rails en service s'explique par le frottement qui résulte du roulement des wagons sur la voie. Il est incontestable que le magnétisme ainsi développé exerce une influence avantageuse sur la stabilité de la voie et a pour effet d'augmenter l'adhérence des roues sur les rails. »

Sans contester le fait en lui-même qui ne nous paraît pas fort surprenant, nous aimerions connaître dans quelle mesure cette aimantation peut augmenter l'adhérence des roues qui sur une locomotive portent déjà de 4 à 6

Digitized by Google

tonnes chacune, surtout lorsque les rails mis bout à bout s'arment mutuellement et ne produisent presque pas d'actions extérieures.

—

Nécrologie. — La tombe s'est à peine fermée sur M. Cromwel F. Varley dont il était notre pénible devoir d'annoncer la mort tout récemment, qu'un autre électricien de marque vient d'être enlevé à l'affection de ses amis et des siens. *Richard Werdermann* s'est éteint, le 15 septembre dernier, à l'âge de cinquante-cinq ans.

M. R. Werdermann était bien connu en Angleterre par l'importation de la machine Gramme, l'invention de la lampe semi-incandescente qui porte son nom, et nombre d'autres inventions que son imagination primesautière ne lui donnait pas le temps d'amener à maturité. Un fait peu connu, c'est qu'il fit breveter en Angleterre, la bougie Jablochkoff peu de temps après M. Jablochkoff lui-même, et que celui-ci ayant perdu tous ses droits au brevet anglais par sa négligence inconcevable, n'ayant pas payé tous les droits du brevet définitif dans les délais légaux, il se trouva par le fait de la déchéance du brevet Jablochkoff, seul titulaire du brevet de la bougie et la Compagnie exploitant ce procédé dut composer avec lui pour conserver la propriété de droits si maladroitement perdus, et retrouvés par un hasard si heureux.

La question de savoir si un brevet déchu n'appartient pas au public et si le simple fait d'un autre inventeur ayant pris le même brevet ultérieurement mais avant que le texte du premier brevet ait été livré à la publicité suffit pour sauver un brevet de la déchéance, et à annuler une convention légale entre l'État et un inventeur, convention par laquelle l'État représentant le public d'un côté, et l'inventeur de l'autre, ont chacun des droits et des devoirs; la question, de savoir dans quelles conditions se trouve un brevet ainsi déchu, ne s'est pas encore présentée au point de vue légal de sorte que, jusqu'à preuve du contraire, un brevet sera à l'abri de toute déchéance lorsqu'il s'en trouvera un autre qui pourra, dans certaines conditions, se substituer à lui. Werdermann était, depuis des années, affecté d'une maladie dont il souffrait beaucoup, et la perte du brevet américain, de la machine Gramme, dont il était propriétaire, par la décision du juge Blatchford dans le procès Gramme contre Arnoux, a dû hâter sa fin. Il laisse inachevés beaucoup de travaux dont quelques-uns devaient, dans son opinion, faire époque dans l'histoire de l'éclairage électrique.

—

Exposition internationale d'électricité a Philadelphie en 1884. — Une Exposition internationale d'électricité, de machines et d'appareils électriques aura lieu en 1884, à Philadelphie. L'ouverture en est fixée au 2 septembre.

Cette Exposition a lieu sous le haut patronage du président M. William P. Tatham et des membres de l'Institut Franklin, dont la haute réputation encouragera tous ceux qui, animés des progrès de la science, apporteront leur concours à l'intérêt spécial, et au succès de cette exposition spéciale, dont les diverses branches se sont si considérablement développées aux États-Unis.

Digitized by Google

Un projet de loi a été soumis au Congrès à Washington, qui l'a voté à l'unanimité, et a été approuvé, promulgué et décrété par le Président de la République des États-Unis.

Tous les efforts seront faits par l'Institut Franklin, et rien ne sera épargné pour assurer une large et importante représentation aux progrès accomplis dans les pays étrangers; les dispositions les plus libérales seront prises pour que les exposants européens et d'autres pays, aussi bien que ceux américains, soient traités sur un pied d'égalité absolue.

Pour tous renseignements, s'adresser à M. William H. Wahl, secrétaire général, Palais de l'Institut, n° 15. S 7e rue, Philadelphie.

—

Le télégraphe jugé en Chine. — Le *Céleste Empire*, journal publié à Shanghaï, ne ménage pas les vérités au télégraphe; qu'on en juge par l'extrait suivant d'un article qu'il lui consacre :

« Tout d'abord, la correspondance télégraphique coûte fort cher; elle a augmenté les frais généraux de chaque maison de commerce de 2000 à 10 000 dollars par an sans compensations équivalentes. Elle fait perdre un temps énorme; le prix élevé de chaque mot a conduit à l'établissement de codes télégraphiques fort compliqués. Comme ces codes emploient toutes les langues et que les employés ne peuvent pas les connaître toutes, les erreurs sont fréquentes.

« On attendait autrefois avec plaisir le coup de canon qui annonçait l'arrivée du paquebot apportant un monceau de journaux à lire et de nouvelles à dévorer, mais le télégraphe a détruit tout cela. Il n'y a plus aucune suite logique dans les nouvelles qui nous arrivent par bribes et morceaux des journaux de l'Inde, de San-Francisco ou de l'Australie, quelquefois même de tous ces côtés à la fois : la forme décousue et les divergences de ces nouvelles leur enlèvent souvent tout leur intérêt. On pouvait autrefois suivre avec méthode les courses d'Oxford et de Cambridge le betting du Derby ou toute autre grande lutte de même nature ; aujourd'hui le résultat est connu avant le procédé, et notre esprit est tout juste aussi satisfait que le serait notre estomac en lui donnant une cuillerée de Liebig, au lieu d'un dîner bien servi. La vie serait incomparablement plus agréable, dit en terminant le rédacteur du *Céleste Empire*, si les savants n'avaient pas découvert le télégraphe électrique. » Toutes les opinions étant respectables, nous respecterons celle de notre honorable confrère asiatique, tout en la trouvant un peu bien singulière.

—

Ingénieurs électriciens. — M. Daix, ingénieur constructeur à Saint-Quentin (Aisne) demande deux ingénieurs électriciens l'un pour s'occuper des études, des essais et des installations, l'autre pour faire les voyages.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES APPAREILS NOUVEAUX

A L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE VIENNE

CHEMINS DE FER

Les applications nouvelles de l'électricité, dans l'industrie des chemins de fer, sont relativement peu nombreuses depuis 1881, époque à laquelle se trouvaient réunis, à Paris, un nombre considérable d'appareils de l'exploitation technique, et dont la description a été donnée à cette époque.

Nous croyons néanmoins intéressant de faire connaître les quelques appareils qui, dans la tournée rapide que nous avons faite dans la Rotonde du Prater, à Vienne, nous ont plus particulièrement frappé.

Nous commencerons par la section française.

La Compagnie de l'Est expose les appareils qu'elle emploie dans l'exploitation courante. Ces appareils ne présentent, pour la plupart, que des particularités de détails de construction sur lesquelles nous ne pouvons insister. Comme appareils nouveaux, nous décrirons les suivants :

1° *Rappels par inversion de courant.* — La Compagnie de l'Est expose deux types de ce système : l'un, fréquemment utilisé par le Ministère des postes et télégraphes français, l'autre d'un modèle spécial à la Compagnie. La désignation seule de ces appareils indique qu'ils ont pour but de faire rentrer directement un poste télégraphique dans le circuit.

Le premier de ces appareils se compose essentiellement d'un électro-aimant ordinaire, entre les pôles duquel se meut une languette de fer doux articulée à l'une des extrémités d'un aimant permanent qui la polarise. Un ressort placé latéralement rappelle constamment, contre l'un des pôles de l'électro, l'extrémité de la languette dont le mouvement se trouve limité par deux vis butoirs qui, tout en lui permettant d'approcher de très près des pôles, l'empêche cependant d'arriver au contact.

Digitized by Google

Supposons un appareil de ce genre installé dans une station intermédiaire, de telle sorte que le fil de ligne arrive de chaque côté à la bobine correspondante. On comprend aisément que si, par exemple, le poste de gauche envoie un courant positif sur la ligne, ce courant traversera le rappel en allant à la terre par le poste situé à droite.

Suivant le sens de l'enroulement du fil des bobines de l'électro, le courant lancé par le poste de gauche développera un pôle de nom contraire ou de même nom que celui de l'armature. Celle-ci se trouvera ou maintenue dans sa position initiale ou repoussée. Dans le premier cas, le poste de droite seul sera attaqué; dans le second cas, le courant d'une pile locale se trouvera fermé par l'oscillation de l'armature et une sonnerie qui se mettra à tinter préviendra le poste considéré qu'il a à rentrer dans le circuit.

Il est évident que, pour faire fonctionner le rappel, le poste de droite devra envoyer sur la ligne des courants inverses à ceux de gauche.

Le second appareil exposé est basé sur le principe du rappel sans aimant et par inversion de MM. Grassi et Beux que nous avons vu figurer, en 1881, à l'Exposition du palais de l'Industrie, à Paris. Cet appareil, qui diffère du précédent par le remplacement de l'aimant permanent par un électro-aimant, actionné par une pile locale, lorsque le courant de la ligne passe dans le rappel, présente certains inconvénients que la pratique a fait ressortir, et que le rappel de MM. Dumont, Grassi, Cabaret et Beux a pour but de faire disparaître.

Le rappel type *Est* se compose essentiellement de deux électro-aimants solidaires à une seule bobine et à un seul noyau. Le fil des bobines, disposées parallèlement, est enroulé en sens inverse sur chacune d'elles, et les quatre pôles déterminés sont accouplés deux par deux, de noms contraires. Deux de ces pôles agissent sur une armature ordinaire, les deux autres sont prolongés de manière à se trouver à une très petite distance l'un de l'autre. Un troisième électro-aimant à une seule bobine et à un seul noyau présente deux pôles dont un seul est utilisé.

A ce pôle s'articule une palette de fer doux qui peut osciller entre les deux pôles prolongés des premiers électros, dits *de ligne*.

Digitized by Google

Quand un courant vient à passer dans les électros de ligne, l'armature est attirée; elle ferme alors le circuit d'une pile agissant sur le troisième électro dit *local*, en déterminant à la palette mobile de ce dernier, un pôle toujours de même nom. Cet électro local agit donc comme un aimant fixe, c'est-à-dire que, suivant la polarité des deux autres pôles de l'électro de ligne, la palette de cet électro reste au repos ou quitte sa position normale pour venir fermer le circuit local de la sonnerie.

Un ressort rappelle la palette mobile lorsque le courant cesse de passer dans l'appareil. De cette façon on n'a plus à craindre que l'aimant perde sa force magnétique.

2° *Contrôleur d'attaque des postes.* — Cet appareil, dont l'importance n'échappera pas aux personnes qui s'occupent d'exploitation, se compose d'un système d'électro-aimants dits *boiteux*, d'un modèle réduit et montés sur une équerre de chaque côté d'une fourchette dans laquelle passe une bande de papier sans fin, de 0,045 de largeur, entraînée d'un mouvement uniforme, et sur laquelle un *porte-mèche encreur* inscrit un point ou un trait suivant la durée du passage du courant dans l'un des électro-aimants.

L'entraînement du papier est obtenu, à raison de $0^m,09$ par heure, à l'aide d'un mouvement d'horlogerie muni d'un échappement circulaire permettant la marche dans tous les sens.

L'appareil type exposé comporte quatre électro-aimants et peut, par suite, contrôler les attaques de quatre lignes différentes. Il est complété par une sonnerie composée de deux relais et d'un trembleur. La fonction d'un relais est double : en tombant, le lapin ferme le circuit local du trembleur et chaque fois que l'armature de ce relais touche le noyau, le circuit d'une seconde pile locale est fermé sur l'électro correspondant au contrôleur.

Afin de déterminer l'heure à laquelle les attaques se produisent, on a monté sur le rouleau rugueux inférieur trois goupilles qui réagissent sur un porte-mèche marquant, toutes les heures, deux points rapprochés sur le bord de la bande de papier. Les demi-heures sont indiquées par un seul point. Si l'on a eu soin

Digitized by Google

d'inscrire au crayon la date et l'heure de la mise en marche, on comprend aisément qu'il soit facile de retrouver les heures et les minutes auxquelles les attaques ont eu lieu.

Le rouage est disposé pour une marche de quinze jours. Les attaches des fils se font à l'intérieur de l'appareil de manière à ce qu'il soit nécessaire de les couper pour se soustraire au contrôle.

Le papier disposé sur le rouet A (fig. 1) s'enroule au fur et à

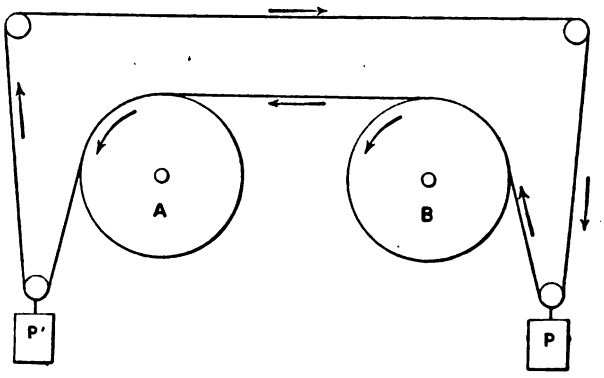


Fig. 1. — Contrôleur d'attaque des postes.

mesure de son avancement sur un second rouet B guidé par un ruban de soie. Deux poids légers P et P' maintiennent la tension de ce rouleau.

On désigne aussi l'appareil dont il s'agit sous le nom d'*enregistreur universel*. Il peut en effet être utilisé pour des usages multiples. Nous signalerons les suivants : contrôleur de rondes de nuit, contrôleur de passage des trains, contrôleur de fonctionnement des électro-sémaphores, contrôleur de fermeture des disques.

3° *Répétiteur de disque.* — Cet appareil très simple est formé d'une armature surmontée d'une tige légère portant un voyant pouvant se mouvoir devant les deux pôles d'un électro-aimant boiteux.

Si l'on fait passer un courant dans l'électro, l'armature qui, normalement, est équilibrée de manière à être écartée de l'appa-

Digitized by Google

reil, est alors attirée, et le voyant apparaît à une fenêtre pratiquée dans la boîte recouvrant le tout.

Chaque fois que le disque sera à l'arrêt, le voyant sera visible. Un appareil de ce genre fonctionne à Épernay depuis un an environ. Le type exposé est muni d'une trembleuse montée en dérivation sur le répétiteur qui comporte en outre un paratonnerre à pointes et à papier.

4° *Sonnerie d'alarme pour ateliers. Système Napoli.* — Cet appareil qui a été imaginé pour servir d'avertisseur en cas d'incendie ou d'accidents de toute nature, est formé (fig. 2)

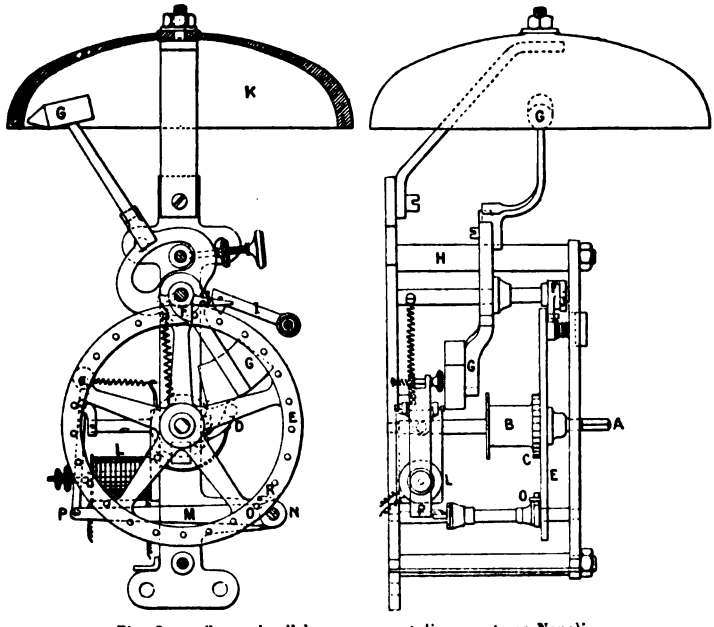


Fig. 2. — Sonnerie d'alarme pour ateliers, système Napoli

d'un bâti en fonte supportant un axe en fer A, sur lequel est calé un cylindre métallique B. Ce cylindre porte un rochet C, engrenant avec un cliquet D articulé sur l'un des bras d'une roue à chevilles E.

Lorsque, sous l'action d'un poids fixé à la partie inférieure d'une corde enroulée sur le cylindre B, la roue E tourne, les

Digitized by Google

chevilles actionnent le marteau G, calé sur un arbre H, par l'intermédiaire de l'ancre d'échappement F. Cet échappement est libre, c'est-à-dire qu'après une demi-oscillation du balancier, la roue d'échappement se trouve arrêtée par le cliquet I indépendant de l'ancre, et qu'à la fin de l'autre demi-oscillation, le mentonnet J soulève le cliquet d'arrêt en permettant à la roue d'échappement de continuer son mouvement.

Le marteau G frappe alors sur le timbre K.

Le fonctionnement de la sonnerie s'obtient par la fermeture du circuit dans lequel est intercalé l'électro-aimant L.

Le déclanchement est différentiel, c'est-à-dire que l'effort qu'il nécessite peut être aussi faible que l'on veut.

Comme on le voit sur les figures, la roue E est maintenue à l'arrêt par le petit bras R, d'un levier M, articulé en N, contre lequel vient buter une cheville O, montée sur la couronne de la roue d'échappement E. Le grand bras du levier M appuie sur la palette de l'électro par l'intermédiaire d'un couteau P.

Sous l'action d'un courant lancé dans le fil de l'électro, le levier M se trouve dégagé de la palette et la cheville d'arrêt O, rendue libre, permet à la roue E de faire un tour complet, sous l'action du poids moteur. Après un tour complet la cheville O vient de nouveau buter sur le petit bras du levier M. La sonnerie cesse de tinter.

L'effort nécessaire pour dégager le levier en P est égal à la différence entre le poids du grand bras du levier M et l'impulsion qu'il reçoit sur le petit bras par la cheville O qui bute sur le plan incliné R.

Ces sonneries n'exigent, pour fonctionner, qu'un courant d'une intensité très faible; de sorte que l'on pourra aisément en intercaler un certain nombre dans un même circuit.

5° *Cloches électriques pour lignes à simple voie.* — La Compagnie de l'Est, après une étude assidue des systèmes Siemens, en usage sur le réseau du Nord et Leopolder sur celui de P.-L.-M., s'est arrêtée à un système mixte, réunissant les avantages de chacun de ces deux types, dans lequel la cloche Siemens a été légèrement modifiée de manière à remplacer la volée de coups par un coup simple. L'inducteur a été disposé pour assurer

Digitized by Google

la manœuvre nécessaire à la production du courant qui doit le provoquer.

Cette disposition, tout en permettant l'emploi du vocabulaire des signaux de la Compagnie de P.-L.-M., dispense de celui de piles à courant continu dont l'entretien est très onéreux.

Les cloches adoptées par la Compagnie de l'Est se composent donc essentiellement d'une colonne creuse, en fonte, surmontée par un pigeonnier renfermant l'appareil à cloche identique à celui du Nord, sauf cette différence, que le disque à 9 cames placé à l'extrémité du treuil, porte 9 dents sur son pourtour, et latéralement 9 chevilles au lieu de 3 dents ou butées et 3 chevilles. De plus le marteau n'est qu'à une seule pointe.

Chaque passage de courant dans les bobines de l'électro-aimant produit donc un seul coup de cloche.

Une aiguille indique la position du poids moteur et le moment où le mécanisme doit être remonté.

L'inducteur Siemens, avec la bobine et les 12 lames d'aimant en fer à cheval, présente la manivelle folle sur l'axe. Elle est reliée aux engrenages actionnant la bobine d'induction par un rochet avec cliquet. Cette manivelle porte en outre un petit appendice qui se trouve arrêté par le bâti de l'inducteur, lorsqu'une demi-révolution a été accomplie ; ce qui correspond à trois tours de la bobine.

On comprend alors que, pour qu'il y ait émission de courant, la manivelle doive tourner dans un sens déterminé ; c'est-à-dire d'arrière en avant. Un demi-tour en avant produit une émission de courant qui provoque un coup de cloche dans tous les appareils montés sur un même circuit.

Des inducteurs ont été placés non seulement aux gares et stations, mais encore à tous les postes intermédiaires de pleine voie.

Comme ces derniers appareils ne doivent être manœuvrés que très rarement, on les a munis d'une goupille scellée qui maintient la manivelle au repos.

Un petit commutateur à cheville, placé un peu au-dessus de l'inducteur, sert à établir la communication entre deux circuits voisins, dans les stations qui n'ont pas de service permanent.

Il existe sur le réseau de l'Est 387 cloches en fonction et 315

Digitized by Google

inducteurs sur les lignes à voie unique, d'un développement de 603 kilomètres.

La Compagnie du Nord expose un grand nombre d'appareils que nous avons tous vus figurer à l'Exposition d'électricité de Paris. La seule nouveauté que nous relevions consiste en un petit appareil d'enclenchement appliqué aux électro-sémaphores et dont le but est de rendre les sections dépendantes les unes des autres, tout en permettant les dépassements dans les gares.

Le programme qui a présidé à l'agencement de cet appareil est le suivant:

Si l'on considère une ligne parcourue de A vers B,C,D, etc., et qu'un train passe au poste B, l'agent de ce poste ne doit pouvoir débloquer la section en arrière, AB, qu'après avoir bloqué la section en avant, BC.

Dans le cas où un second train est annoncé au poste B, avant

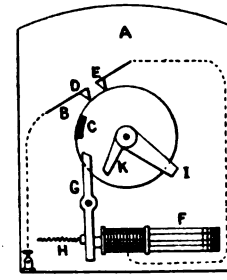


Fig. 3. — Boîte d'enclenchement[1].

que le poste C ait rendu voie libre, l'agent du poste B ne doit pouvoir supprimer l'annonce et débloquer la section AB qu'après avoir rebloqué la section BC, débloquée une première fois par le poste C.

Enfin, dans les gares, on doit pouvoir supprimer la dépendance des sections, afin de débloquer la section en arrière après le garage d'un train de marchandises pour un train de voyageurs, par exemple.

Cet appareil, dont la figure 3 représente un simple croquis, est formé d'une boîte en fonte A, placée sur le socle d'un électro-

[1] Par suite d'une petite erreur dans la figure, la tige K est calée *en avant* du doigt I, par rapport au sens de la rotation; elle doit être calée *en arrière*.

Digitized by Google

sémaphore, entre les boîtes n° 1 et n° 2 d'une même direction. Cette boîte porte deux manivelles dont les axes sont solidaires des axes des contre-manivelles des deux boîtes de manœuvre.

Sur l'axe de la manivelle reliée à la contre-manivelle de la boîte n° 1 est calé un disque B, en ébonite, portant à sa périphérie un contact C servant à réunir deux frotteurs D et E reliés, l'un à une pile et l'autre à un électro-aimant Hughes F.

Un levier G, mobile autour d'un axe horizontal porte, à sa partie inférieure, une armature maintenue normalement au contact avec l'électro-aimant Hughes, et à sa partie supérieure un taquet d'arrêt dont nous verrons l'usage dans un instant.

Un ressort H tend à rappeler l'armature en l'écartant des pôles de l'électro-aimant.

Les choses sont disposées de telle sorte que lors de l'annonce d'un train, c'est-à-dire lors de l'apparition du petit bras, le doigt I tourne dans le sens des aiguilles d'une montre et vient buter contre le taquet du levier G. Il est alors impossible de manœuvrer la manivelle de la boîte n° 2 pour débloquer la section en arrière, avant d'avoir mis à l'arrêt la grande aile du sémaphore. La manœuvre de la manivelle de la boîte correspondante a alors pour effet de faire passer le contact C sur les deux frotteurs et d'envoyer un courant dans l'électro-aimant Hughes qui se trouve désaimanté. Sous l'action du ressort H le levier G bascule en dégageant le doigt I. On peut alors manœuvrer la boîte n° 2 pour effacer le petit bras jaune de l'appareil. Pendant la rotation, la tige K vient rencontrer le levier G et le ramène à sa position normale.

La première condition se trouve donc remplie. On verra facilement qu'il en est de même de la seconde.

Quant à la troisième, voici de quelle manière on la réalise.

A proximité de l'aiguille de la voie sur laquelle on gare un train, se trouve un commutateur type *moulin à café*, à l'aide duquel l'agent responsable, qui commande la manœuvre, envoie dans l'électro-aimant un courant qui produit le même effet que le passage de la touche métallique du disque B sur les frotteurs. On ne doit se servir du commutateur qu'après le garage effectué.

Une sonnerie trembleuse est placée dans le circuit d'un fil de

Digitized by Google

ligne aboutissant à un commutateur placé à distance du poste sémaphorique, près du point où s'effectuent les garages.

Après un essai de quelque durée fait à la station de Survilliers, nous croyons savoir que cet appareil va être répandu dans un assez grand nombre de gares du réseau.

On peut voir en outre à Vienne un dessin représentant un treuil électrique que la Compagnie du Nord a fait installer à titre d'essai, par la maison Siemens de Paris, sur l'une des travées du quai des sucres, à la gare aux marchandises de la Chapelle.

Le treuil proprement dit se compose d'un chariot à quatre roues sur lequel sont montées deux machines Siemens, dont l'une donne le mouvement d'avancement ou de recul et l'autre le mouvement d'ascension ou de descente.

En envoyant un courant dans la première machine électrique, l'induit tournera et, à l'aide d'une transmission par chaîne Gall, fera marcher le chariot dans un sens déterminé. L'arbre de l'induit de la seconde machine est terminé par une vis hélicoïdale qui agit sur une roue à noix autour de laquelle s'engrène une chaîne à maille. C'est à cette chaîne que s'attachent les sacs à manutentionner.

La source électrique est fournie par une machine Gramme, type d'atelier, servant à l'éclairage, et qui se trouve séparée des machines réceptrices par un circuit complet d'environ 600 mètres de câble d'un diamètre de $0^{m},007$.

Un commutateur inverseur sert à régler la marche des courants.

Il résulte des premiers essais que, avec six hommes, y compris le chauffeur et le surveillant des machines électriques, on peut édifier une pile de 100 sacs en quarante-huit minutes.

Trente-huit minutes sont suffisantes dans le cas où l'on n'utilise le treuil que pour les mouvements élévatoires.

Malgré le petit nombre d'expériences faites, tout porte à croire qu'à dépense égale, la manœuvre électrique présentera des avantages réels sur la manœuvre à bras d'hommes.

(*A suivre.*) L. CHENUT.

Digitized by Google

LES
ACCUMULATEURS FAURE-SELLON-VOLCKMAR

RAPPORT SUR LES CONDITIONS DE FONCTIONNEMENT INDUSTRIEL DES ACCUMULATEURS FAURE-SELLON-VOLCKMAR.

Le service de consultations techniques du journal *le Génie civil*, saisi de la question des conditions de fonctionnement industriel des accumulateurs Faure-Sellon-Valckmar, en a confié l'étude à une Commission composée de MM. A. Fichet, E. Hospitalier et Léon Jousselin.

Pressée par le temps, la Commission n'a pu examiner qu'une partie de cette question si importante et si actuelle, et, par suite, ne fournir qu'un rapport incomplet. Tel qu'il est, il renferme cependant assez de renseignements pour intéresser nos lecteurs en leur fournissant quelques chiffres précis sur la capacité d'emmagasinement et les régimes de débit actuels des accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar.

E. H.

Les expériences dont les résultats sont relatés ci-dessous ont été faites sur huit accumulateurs, du type dit tramway qui ont été mis à notre disposition.

Le poids de cet accumulateur qui est environ de 30 kilogrammes, se décompose de la façon suivante :

	kilogrammes.
1. Boîte en bois goudronné, couvercle, poignées, contacts, bornes. . .	6,0
2. Liquide, eau acidulée à 1/10e en volume	6,5
3. Plaques de plomb et oxydes.	16,8

Comme le temps qui nous avait été accordé pour faire les essais était très limité, nous avons pensé que la question la plus intéressante à étudier était la recherche du régime de décharge qu'il convenait d'adopter dans chaque cas particulier pour obtenir le maximum de travail disponible pour un poids donné d'accumulateurs.

Nous avons expérimenté sur des régimes variant entre 15 et 45 ampères, et, bien qu'à notre grand regret nous n'ayons pu

Digitized by Google

répéter plusieurs fois les mêmes essais, nous pouvons cependant conclure que :

Le travail électrique total disponible va en diminuant à mesure que l'on demande par unité de temps un travail plus considérable.

Dans les mesures que nous avons prises, les observations ont été faites pour les mesures d'intensité, avec l'électro-dynamomètre de Siemens; pour les mesures de forme électro-motrice avec le voltmètre Thomson. L'étalonnage a été souvent vérifié, au cours des essais, avec des piles Daniell.

Les décharges des accumulateurs s'effectuaient sur des résistances en maillechort ou en gros fils de cuivre que nous avons vérifiés à froid et à chaud. Nous avons pu de cette façon éliminer les causes d'erreur individuelles de chaque instrument.

Les résultats de nos observations ont été traduits en courbes, annexées au présent rapport, et nous en avons déduit les conséquences suivantes :

Débit électrique par tonne.—En opérant sur une tonne d'accumulateurs, poids brut, c'est-à-dire boîte, liquides, plaques, etc., tout compris, on obtient avec un régime de décharge correspondant à :

13 ampères au début	15,6	chevaux-heure	électriques.
24 —	12,3	—	—
44 —	11,5	—	—

Conversion de l'énergie électrique en travail mécanique et du travail mécanique en énergie électrique. —De nombreuses expériences ont établi que, dans les conditions actuelles :

1° L'énergie électrique disponible, mesurée aux bornes d'une machine génératrice dynamo-électrique atteint les 0,70 du travail mécanique fourni par le moteur qui l'actionne;

2° Une machine dynamo-électrique fonctionnant comme moteur peut transformer en travail mécanique les 0,70 de l'énergie électrique qui lui est fournie borne à borne.

(Les rendements plus élevés cités dans certaines expériences, faites à un point de vue plus spécialement scientifique, ne font pas entrer en ligne de compte certaines causes de pertes qu'il

Digitized by Google

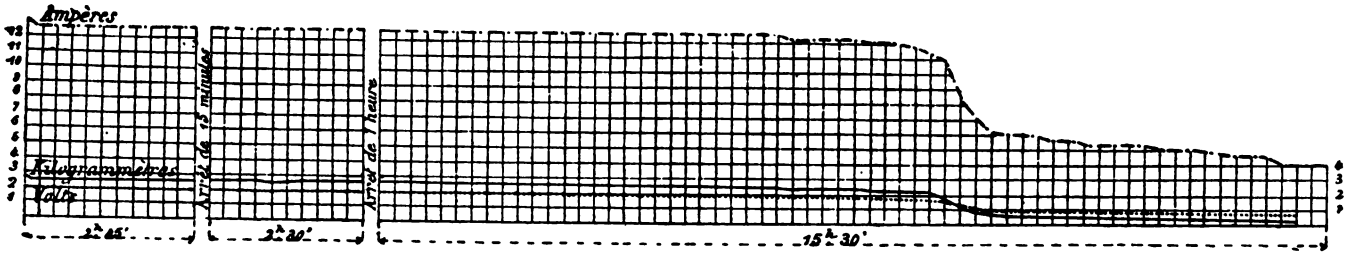


Fig. 1. — Accumulateur *type tramway*. — Régime initial de décharge : 13 ampères, pleine charge. — La décharge a été effectuée après un repos de 24 heures.

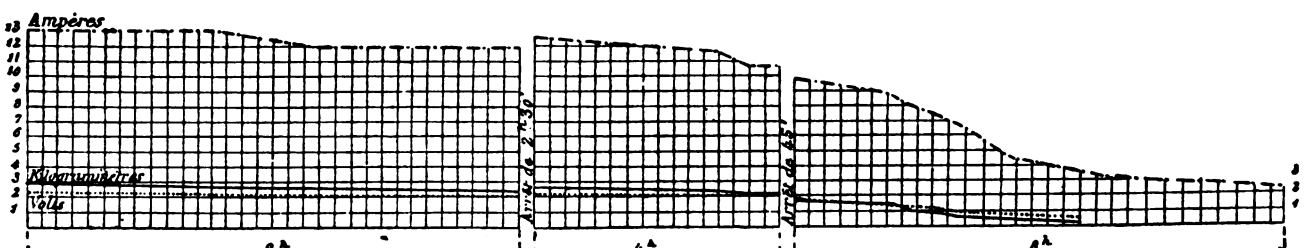


Fig. 2. — Accumulateur *type tramway*. — Régime initial de décharge : 13 ampères. — Cet accumulateur a été transporté vide de liquide et est resté environ quatre heures dans cet état. — Décharge effectuée douze heures après avoir remis de l'eau acidulée.

Digitized by Google

nous est impossible de ne pas prendre en considération lorsqu'il s'agit de la pratique industrielle courante.)

Travail mécanique disponible par tonne d'accumulateurs. — En appliquant les coefficients ci-dessus, nous avons par tonne de poids brut :

10,92	chevaux-heure mécaniques	au régime de	13	ampères	au début.
8,75	—	—	24	—	
8,05	—	—	44	—	

On disposera donc, suivant les régimes adoptés, de :

10,92	chev.-heure mécaniques	à raison de	60	kgm par seconde	et par tonne,	ou 0 8	ch.-vapeur.
8,75	—	—	111	—	—	1,5	—
8,05	—	—	203	—	—	1,7	—

Ces chiffres établissent nettement que la somme totale de travail mécanique que peut fournir un poids donné d'accumulateurs est directement liée au travail qu'on demande à ceux-ci par unité de temps.

Évaluation du travail mécanique de charge. — Il résulte de nos expériences que la pression moyenne (volts) à la décharge est d'environ 0,70 de la pression moyenne de la charge.

Ces données nous permettent de calculer le travail mécanique nécessaire pour la charge.

100 chevaux-vapeur de travail mécanique fournis par une machine à vapeur et appliqués à une machine dynamo-électrique fournissent 70 chevaux d'énergie électrique, disponibles dans le circuit extérieur pour la charge.

D'autre part, la quantité d'électricité (coulombs) fournie à la décharge est d'environ 0,90 de la quantité d'électricité donnée pendant la charge, si les deux opérations ont été bien conduites.

L'énergie électrique disponible à la décharge sera :

$$0,70 \times 0,96 = 0,63$$

de l'énergie disponible pour la charge ou :

$$0,63 \times 0,70 = 0,441$$

du travail mécanique fourni par le moteur.

Digitized by Google

Cette énergie électrique, disponible à la décharge, transformée en travail mécanique, sur une machine dynamo-électrique réceptrice, fournira en appliquant le coefficient de transformation donné ci-dessus :

$$0{,}441 \times 0{,}70 = 0{,}3088$$

soit *trente et un pour cent du travail mécanique initial* fourni par le moteur.

Fig. 3. — Série de 4 accumulateurs *type tramway*. — Régime initial de décharge : 44 ampères, pleine charge.

Les courbes 3 et 5 montrent l'influence d'un débit plus ou moins rapide sur la somme totale d'énergie électrique qu'on peut obtenir des accumulateurs. La décharge a été effectuée après vingt-quatre heures de repos. La charge a eu lieu dans une même série.

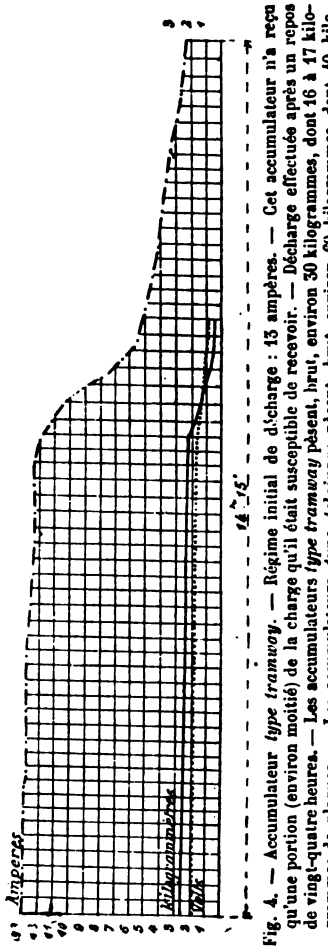


Fig. 4. — Accumulateur *type tramway*. — Régime initial de décharge : 13 ampères. — Cet accumulateur n'a reçu qu'une portion (environ moitié) de la charge qu'il était susceptible de recevoir. — Décharge effectuée après un repos de vingt-quatre heures. — Les accumulateurs *type tramway* pèsent, brut, environ 30 kilogrammes, dont 16 à 17 kilogrammes de plaques. — Les accumulateurs *type éclairage* pèsent, brut, environ 60 kilogrammes, dont 40 kilogrammes de plaques.

Un cheval-heure mécanique, fourni par les accumulateurs

coûtera donc 3,22 chevaux-heure mécaniques fournis par le moteur.

Ou *cent* chevaux-heure mécaniques fournis par le moteur livreront 31 chevaux-heure mécaniques disponibles pour la locomotion.

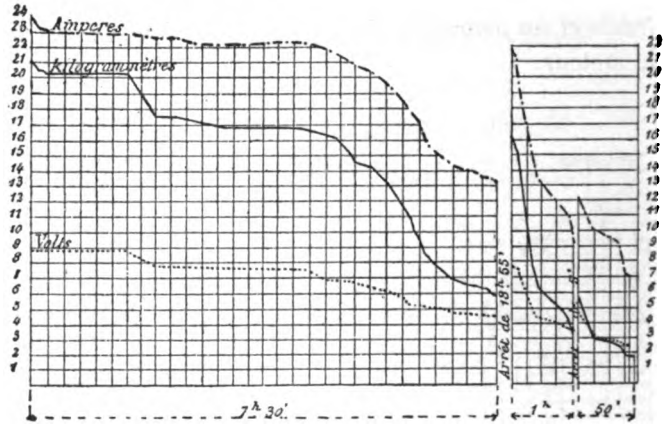


Fig. 5. — Série de 4 accumulateurs *type tramway*. — Régime initial de décharge : 24 ampères, pleine charge. — La figure 5 montre l'influence d'un repos prolongé au cours de la décharge.

Evaluation du prix de revient de la charge. — Les machines à vapeur actuelles, bien installées et de grande puissance, fournissent la force motrice au prix de 0^{fr},06 par cheval et par heure.

Un cheval mécanique fourni par les accumulateurs coûtera donc : *en force motrice*,

$$0{,}06 \times 3{,}22 = 0^{fr},1932.$$

Soit : VINGT CENTIMES.

Evaluation du prix de revient de l'énergie électrique. — Lorsque les accumulateurs sont appliqués à l'éclairage, nous avons déjà établi que *cent* chevaux fournis pour le moteur produisent : 44,1 chevaux d'énergie électrique disponible.

En effet, nous n'avons pas, dans ce cas, à transformer celle-ci

Digitized by Google

en travail mécanique, puisque nous pouvons l'utiliser directement dans les lampes.

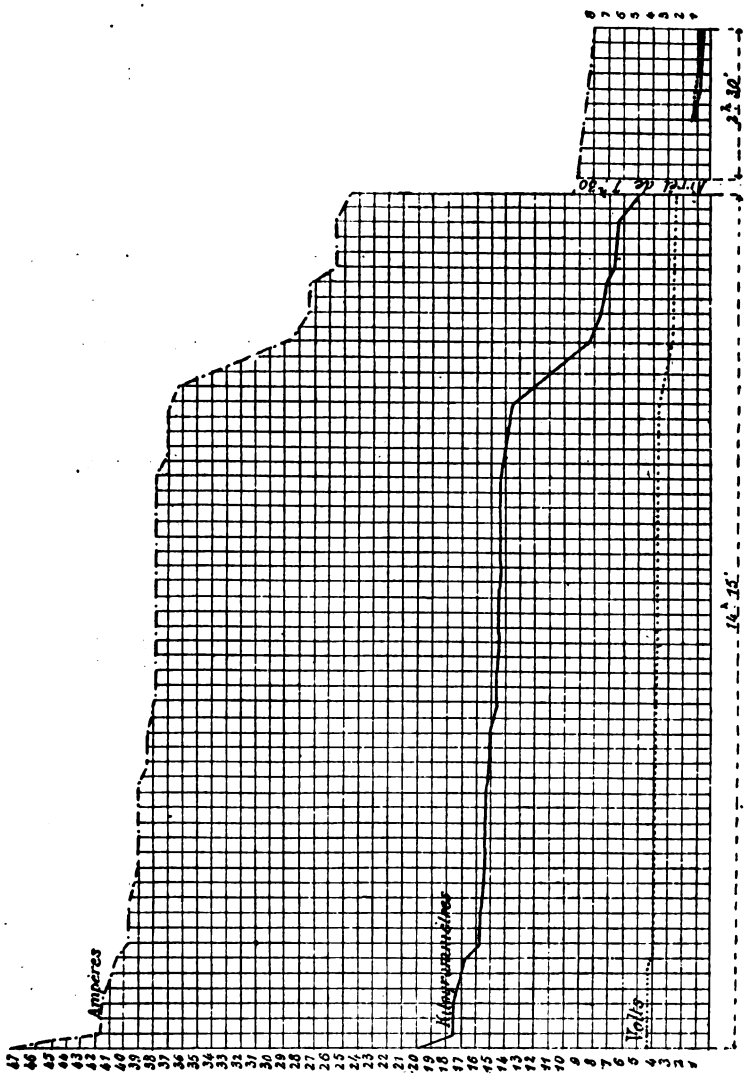


Fig. 6. — Série de deux accumulateurs *type éclairage*. — Décharge initiale : 47 ampères. — Décharge effectuée aussitôt après l'arrêt du courant de charge.

Chaque cheval-heure d'énergie électrique disponible coûtera 2,27 chevaux-heure sur la machine motrice.

Ou *cent* chevaux-heure mécaniques fournis par le moteur livre-

Digitized by Google

ront 44,1 chevaux-heure d'énergie électrique disponibles pour l'éclairage.

Au prix de 0,06 à l'heure.

Un cheval d'énergie électrique, fourni par les accumulateurs employés à l'éclairage, coûtera donc, *en force motrice* :

$$0{,}06 \times 2{,}27 = 0^{fr},1362.$$

Soit : QUATORZE CENTIMES.

Pour obtenir le prix de revient du cheval-heure, mécanique ou électrique, il faut ajouter à ces chiffres la dépense afférente à l'emploi, l'entretien et l'amortissement des appareils électriques et des accumulateurs.

Paris, 6 octobre 1883.

Signé : A. FICHET, E. HOSPITALIER, LÉON JOUSSELIN.

L'AÉROSTAT DIRIGEABLE ÉLECTRIQUE

DE MM. ALBERT ET GASTON TISSANDIER

La direction des aérostats par l'électricité est aujourd'hui un fait accompli, sinon complètement, du moins dans des conditions assez satisfaisantes pour donner pleine confiance en l'avenir.

Comme le disent fort bien les auteurs de l'ascension mémorable dont nous allons faire connaître tous les détails, « la navi- « gation aérienne ne sera pas créée en une seule fois ; elle « nécessite des essais nombreux, des efforts multiples et une « persévérance à toute épreuve ».

MM. Albert et Gaston Tissandier ont la persévérance et l'énergie qui imposent le succès.

C'est ce succès final que nous aurons à enregistrer « quand

Digitized by Google

« les beaux jours seront revenus après l'hiver, et que le pre-
« mier aérostat électrique à hélice reprendra son vol ».

E. H.

L'aérostat (fig. 1) a une forme qui rappelle celle du ballon de M. Henri Giffard et de M. Dupuy de Lôme. Il a 28 mètres de longueur de pointe en pointe et $9^{m},20$ de diamètre à l'équateur. Il est muni, à sa partie inférieure, d'un cône d'appendice terminé par une soupape automatique. Son volume est 1060 mètres cubes.

Une housse de suspension remplace le filet ordinaire; elle est formée de rubans, cousus à des fuseaux longitudinaux et maintenus dans la position géométrique qu'ils doivent occuper par deux brancards latéraux flexibles qui empêchent toute déformation du système.

La nacelle (fig. 3) est une véritable cage parallélépipédique, construite à l'aide de bambous consolidés par des cordes et des fils de cuivre recouverts de gutta-percha, qui passent dans la vannerie inférieure. Les cordes de suspension sont reliées entre elles par une couronne horizontale qui supporte d'un côté les engins d'arrêt, de l'autre le gouvernail, et répartit également les tractions à la descente.

Le moteur est une machine Siemens nouveau modèle faite spécialement dans les ateliers de Paris, comprenant une bobine très longue par rapport au diamètre, et monté sur un châssis de bois à jour. Cette machine, qui ne pèse que 54 kilogrammes, peut fournir un travail de 100 kilogrammètres par seconde. L'hélice est formée de deux palettes héliçoïdes recouvertes de soie vernie et dont la déformation est prévenue par l'action de tendeurs en fil d'acier. Cette hélice a $2^{m},85$ de diamètre, elle est reliée à la machine par l'intermédiaire d'une transmission par engrenage dans le rapport de 1/10 et accomplit par conséquent 180 tours à la minute quand la bobine en fait 1800.

La batterie électrique, emportée dans la nacelle de l'aérostat à hélice, comprend la même surface de zinc et de charbons que la batterie d'essai précédemment décrite[1], même nombre de piles, même volume de liquide. Nous sommes arrivés à réduire considérablement son volume en employant quatre auges d'ébonite à 6 compartiments, au lieu de vingt-quatre récipients isolés les uns des autres. Nous avons, en outre, donné un peu plus de hauteur aux vases, ce qui nous a permis de gagner aussi sur leur largeur. La figure 2 représente une des quatre batteries employées dans l'aérostat

[1] Voy. le n° 27 de l'*Électricien*, du 15 mai 1882, p. 108.

Digitized by Google

électrique, telle qu'elle a été essayée dans le laboratoire. Elle comprend, comme on le voit, une grande auge à six compartiments; chaque compartiment formant un élément de pile, renferme, montés sur des tiges de cuivre plombé, 11 charbons minces et 12 zincs, placés alternativement les uns à côté des autres. — Les zincs sont

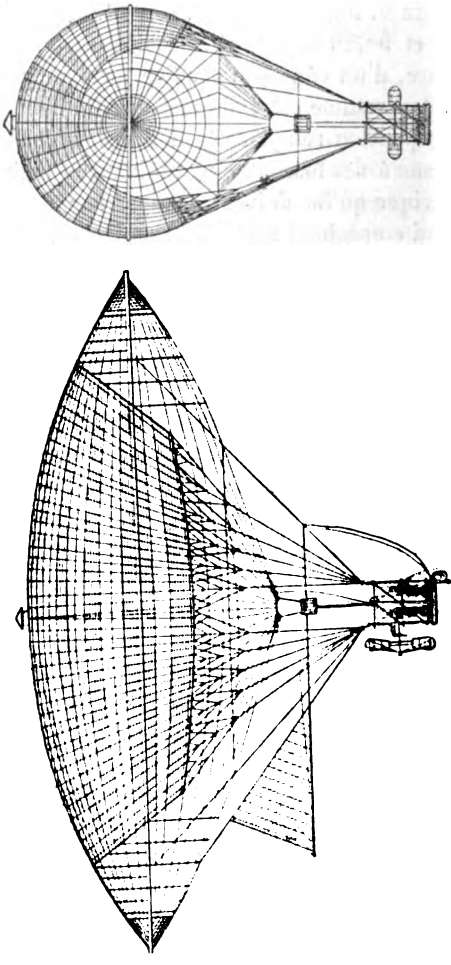


Fig. 1. — Vue latérale et vue longitudinale de l'aérostat électrique de MM. A. et G. Tissandier.

tenus à leur partie supérieure dans des pinces flexibles qui permettent de les renouveler facilement après chaque expérience; ces zincs ont 1,5 millimètre d'épaisseur pour faire fonctionner la pile pendant trois heures. Ils doivent être parfaitement amalgamés. Chaque compartiment est muni, à sa partie inférieure, d'un mince tube d'ébonite

Digitized by Google

qui communique à un conduit latéral, relié par l'intermédiaire d'un tube de caoutchouc à un grand seau d'ébonite très léger, contenant la solution acide de bichromate de potasse. Quand on lève le seau à l'aide d'une cordelette passant dans des moufles au-dessus du niveau de la batterie, celle-ci se remplit, le courant passe; quand on baisse

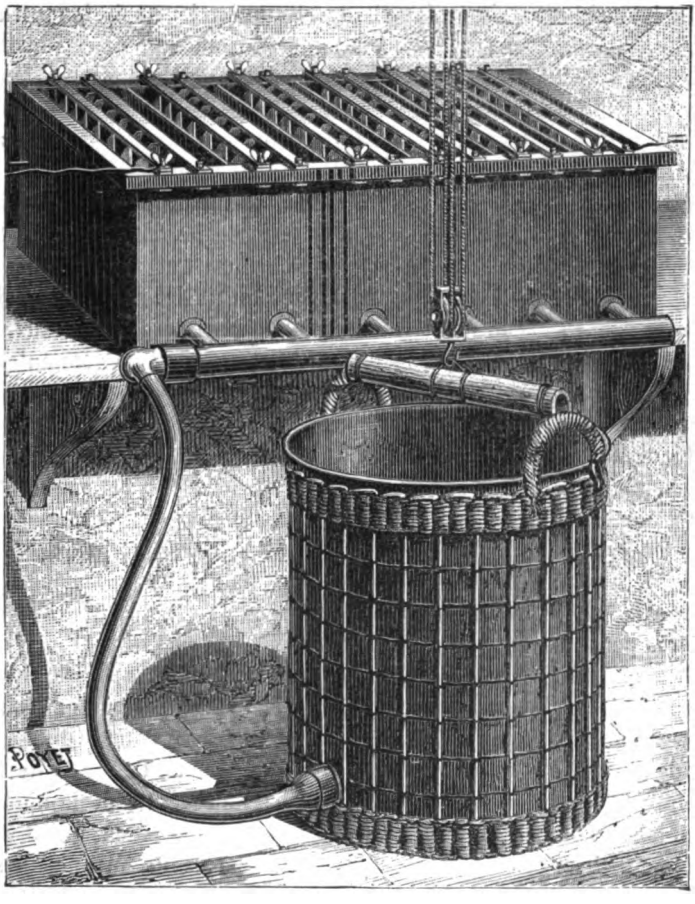


Fig. 2. — Une batterie de six éléments de pile au bichromate à grand débit, employée dans l'expérience de l'aérostat électrique.

le seau au-dessous, de telle façon qu'il occupe la position de la figure 2, le liquide y rentre par le tube de caoutchouc, la pile se vide et cesse de fonctionner. On voit que par ce système les piles communiquent entre elles, mais uniquement par des conduits étroits; la résistance

Digitized by Google

du liquide est assez grande pour que cette communication n'ait aucune influence sur le débit, quoique les éléments soient montés en tension. Dans la nacelle de l'aérostat électrique, il y avait 4 batteries semblables à celle de la figure 3, soit 24 éléments montés en tension alimentés par quatre seaux d'ébonite contenant chacun 30 litres de la dissolution de bichromate de potasse.

La batterie est arrimée dans la nacelle qui a $1^m,90$ de longueur et $1^m,45$ de largeur, de manière à occuper le moins de place possible. Deux auges d'ébonite formant 12 éléments sont placées transversalement à $0^m,35$ du fond de la nacelle, et les deux autres se trouvent fixés à $0^m,15$ au-dessus; ces auges sont placées sur des traverses de bois et consolidées par des fils tendeurs; les réservoirs d'ébonite des deux angles postérieurs de la nacelle alimentent les piles du haut, les deux autres réservoirs placés plus près de la batterie alimentant les piles inférieures (fig. 2). Un espace libre est réservé entre les quatre seaux pour l'opérateur qui peut tout faire fonctionner lui-même, ayant sous la main les cordelettes pour lever les seaux, les crochets pour fixer ces cordelettes à hauteur voulue, le commutateur à godets de mercure pour faire passer le courant et les cordes du gouvernail de l'aérostat.

La dissolution de bichromate de potasse employée pour faire fonctionner la pile est très concentrée et très acide; elle est versée dans les seaux à 40 degrés C environ de température, ce qui permet d'augmenter considérablement la quantité de sel dissous, et d'accroître sensiblement le débit. Quand les 24 éléments montés en tension agissent sur le moteur, le travail effectif produit est de 100 kilogrammètres par seconde.

Les quatre seaux d'ébonite, formant réservoirs, sont recouverts d'une feuille solide de caoutchouc percée d'un petit trou pour laisser passer l'air quand le liquide s'écoule, et ligaturée autour du seau à l'aide d'un fil de cuivre entouré de gutta-percha. Ce mode de fermeture est très sûr et, en cas de choc, pas une goutte de liquide ne peut jaillir au dehors. Les seaux d'ébonite vides ne pèsent que 3 kilogrammes chacun, ils sont consolidés par une vannerie qui leur sert de support; des cordelettes passant dans des poulies à moufle servent à les lever au-dessus des piles pour les remplir et au-dessous pour les vider. Le fond de la nacelle est garni d'une cuvette de caoutchouc, qui recevrait le liquide en cas d'accident. La pile toute chargée avec le liquide pèse 180 kilogrammes environ.

Un petit panier d'osier bien visible (fig. 3) a été placé sous la machine; il contient la burette à huile pour la machine, une petite bouteille de mercure pour remplir les godets du commutateur creu-

Digitized by Google

sés dans un bloc de buis, il renferme en outre les outils nécessaires à démonter la pile en cas d'accident. Toute cette partie de la nacelle forme l'arrière. A l'avant la place est réservée aux sacs de lest et aux engins d'arrêt, et à celui qui les manœuvre à la descente.

La figure 3 représente fidèlement tous les détails de l'arrimage de la nacelle et montre bien le mode d'attache du moteur. La machine Siemens avec l'hélice qu'elle commande est posée sur une traverse en bois de noyer; elle est consolidée en outre par des fils tendeurs très rigides, que l'on peut tendre à volonté par torsion, et qui relient les quatre extrémités de son châssis aux traverses supérieures et inférieures de la nacelle. Pendant la rotation à grande vitesse, les trépidations se trouvent évitées par ce mode d'attache très énergique.

L'emploi d'une semblable machine est d'une incomparable facilité dans la nacelle d'un aérostat. Quand tout a été bien préparé à terre, il n'y a plus qu'à plonger un petit cavalier en cuivre dans les godets à mercure du commutateur pour que les palettes de l'hélice se mettent à tourner.

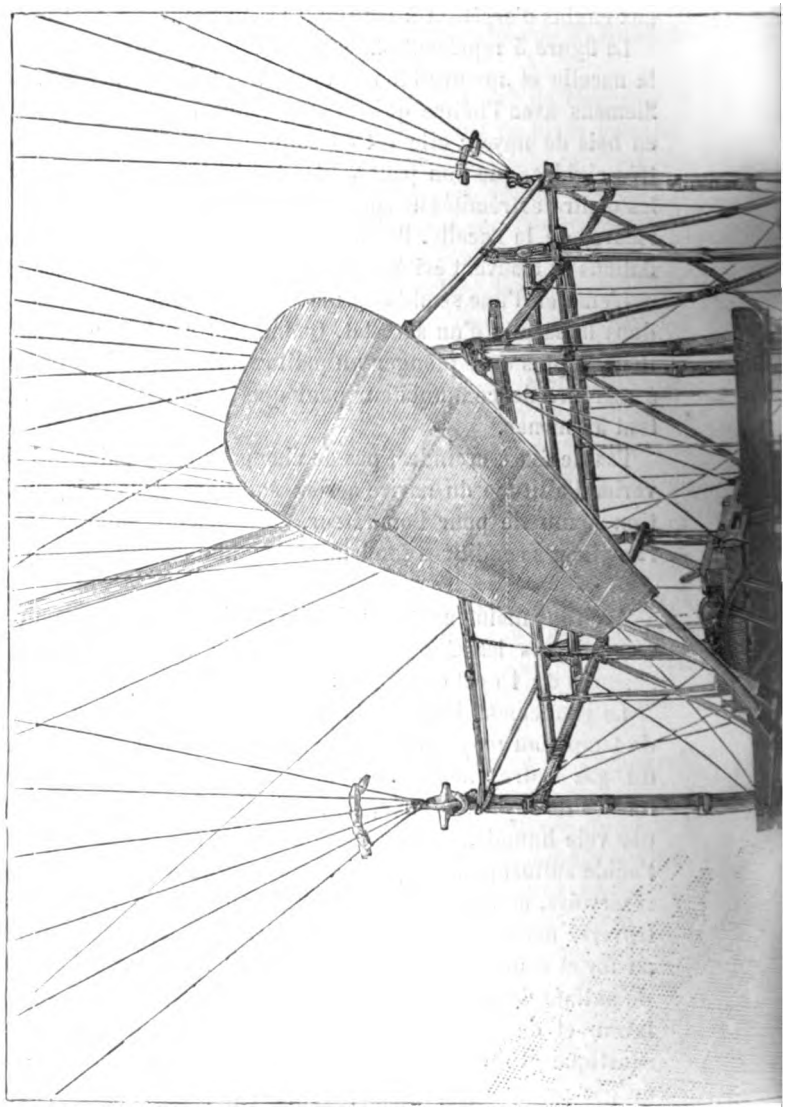
Pas de feu à craindre, pas de changement de poids qui puisse faire varier l'altitude du navire aérien équilibré dans l'air, nulle occupation manuelle pour l'opérateur, l'électricité seule pouvant si bien remplir ces conditions fondamentales du moteur aérostatique.

Arrivons maintenant aux détails de l'ascension que nous reproduisons d'après les *Comptes Rendus* de la séance de l'Académie des sciences du 15 octobre 1883 :

Le gonflement de l'aérostat a été opéré le 8 octobre, en sept heures de temps, au moyen de notre grand appareil à production continue du gaz hydrogène pur. Cet appareil comprend quatre générateurs, formés de tuyaux en grès, de fabrication Doulton. La réaction s'opère par voie humide, en décomposant l'eau sous l'influence du fer et de l'acide sulfurique. Le liquide, tout préparé à l'avance dans de grands réservoirs, arrive à la partie inférieure des générateurs; après avoir traversé une grande masse de tournure de fer, sans cesse renouvelée au fur et à mesure de sa dissolution, il s'échappe au dehors, à l'état de sulfate de fer. L'épuration de l'hydrogène est faite au moyen d'un laveur et de deux récipients cylindriques, contenant de la soude caustique et du chlorure de calcium calciné. Nous produisons ainsi un gaz presque tout à fait pur, qui n'a pas moins de 1180 grammes de force ascensionnelle par mètre cube, résultat qui n'avait jamais été obtenu jusqu'ici dans les préparations aérostatiques.

L'aérostat électrique, avec son moteur pouvant fonctionner trois heures, et tous ses accessoires, pèse 704 kilogrammes. En montant

Digitized by Google



Digitized by Google

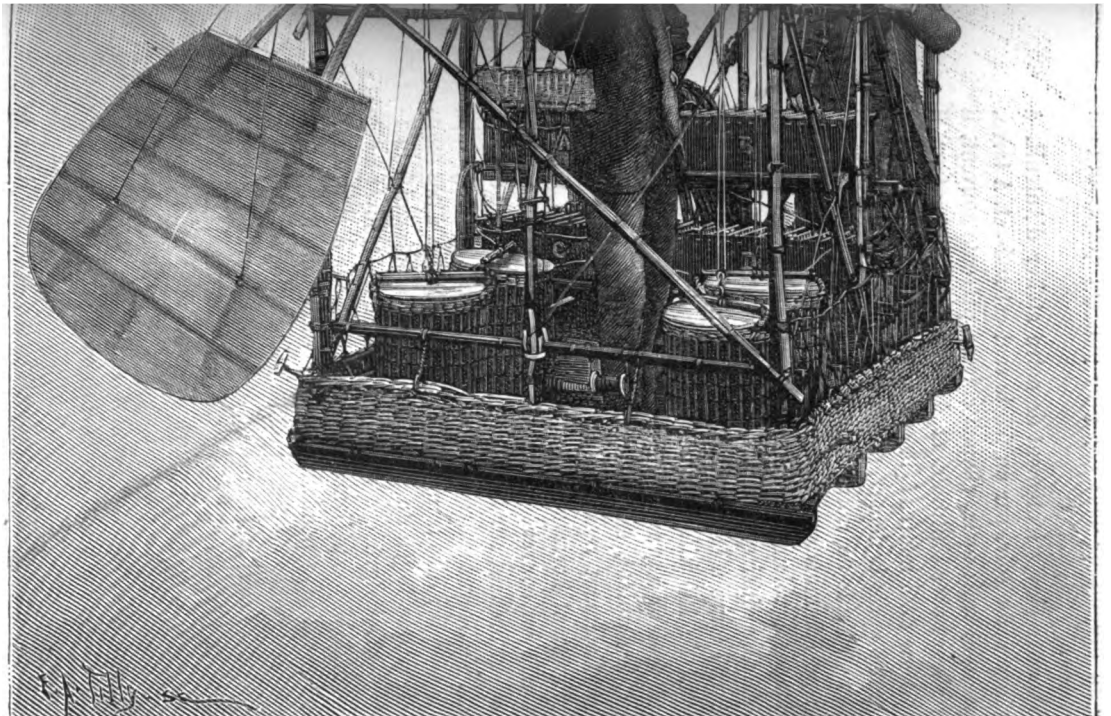


Fig. 3. — La nacelle du premier aérostat électrique à hélice vue du côté du propulseur, à l'arrière.
(D'après une photographie de M. Berthaud.)

Digitized by Google

dans la nacelle, mon frère et moi, nous avons emporté une quantité de lest considérable, du poids de 386 kilogrammes. Cet excès de force ascensionnelle, dû à la bonne préparation du gaz, nous aurait permis d'avoir un propulseur deux fois plus puissant que celui dont nous nous servions.

Nous nous sommes élevés lentement de notre atelier d'Auteuil, à 3 heures 20 minutes du soir, par un faible vent est-sud-est. A terre, le vent était presque nul; mais, comme cela se présente souvent, il augmentait de vitesse avec l'altitude, et, à 500 mètres de hauteur, il atteignait une vitesse de 3 mètres à la seconde.

Quelques minutes après le départ, nous avons fait fonctionner notre moteur électrique à l'aide de notre batterie divisée en quatre auges de 6 éléments; un commutateur à godets de mercure nous permet de faire fonctionner à volonté 6, 12, 18 ou 24 éléments montés en tension, et d'obtenir ainsi quatre vitesses différentes de l'hélice, variant de 60 à 180 tours à la minute. Cette dernière vitesse correspond à un travail de 100 kilogrammètres. Dès que nous avons fait fonctionner notre moteur à grande vitesse, la translation de l'aérostat, par rappport à l'air ambiant, est devenue subitement appréciable, et nous avons immédiatement ressenti l'action d'un vent frais produit par notre déplacement horizontal. Quand l'aérostat faisait face au vent, il tenait tête au courant aérien et restait immobile, ce que nous constations en prenant sur le sol des points de repère au-dessous de notre nacelle. Malheureusement l'aérostat ne gardait pas longtemps cette position favorable; il se trouvait tout à coup soumis à des mouvements gyratoires que le jeu du gouvernail était impuissant à maîtriser complètement. Malgré ces rotations, que nous trouverons le moyen d'éviter dans des expériences ultérieures, nous avons recommencé la même manœuvre pendant plus de vingt minutes, ce qui nous a permis de stationner au-dessus du bois de Boulogne.

Après avoir procédé aux expériences que nous venons de décrire, nous avons arrêté le moteur, et l'aérostat a passé au-dessus du Mont-Valérien. Dès qu'il eut bien pris l'allure du vent, nous avons recommencé à faire tourner l'hélice; en descendant le courant aérien, la vitesse de l'aérostat s'est trouvée aussitôt accélérée; par le jeu du gouvernail, nous obtenions alors des déviations à droite et à gauche de la ligne du vent.

A 4 heures 35 minutes nous avons opéré notre descente dans le voisinage de Croissy-sur-Seine, et l'atterrissage a été exécuté dans les meilleures conditions. L'aérostat est resté gonflé toute la nuit sans perdre de gaz, et il a été dégonflé le lendemain.

Nous ajouterons, en terminant, que notre ascension du 8 octobre

Digitized by Google

doit être considérée seulement comme une expérience d'essai préliminaire ; nous avons le projet de la renouveler avec les améliorations que comporte notre matériel.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

—

Un nouvel Ammètre. — La maison bien connue, de MM. Paterson et Cooper, fabricants de machines et appareils électriques, vient de produire un nouvel Ammètre ou ampère-mètre qui est remarquable par sa simplicité et son bon marché.

Dans ce galvanomètre ou indicateur de courant, le fil est remplacé par un ruban de cuivre de 25 millimètres de large et 3 millimètres d'épaisseur.

L'appareil peut mesurer directement des courants de 1 à 50 ampères, et, indirectement, des courants de 50 à 2000 ampères, avec cette particularité qu'à part le premier ou second degré, les déviations de l'aiguille sont exactement proportionnelles aux intensités.

L'aiguille, courte et de forme ovale, est contre-balancée par un prolongement muni d'un contrepoids mobile.

Lorsque le bras inférieur de l'aiguille est minimum, un courant de 50 ampères est indiqué par une déviation de 50 degrés. Cette même position de l'aiguille peut indiquer des courants de 50 à 2000 ampères ; pour cela, il suffit de faire varier la longueur du bras inférieur dans des proportions déterminées, et de multiplier l'indication obtenue, par 2, 3, 4, etc., suivant la position du contrepoids.

Un vernier transparent, sur lequel sont tracées des lignes *cd*, *ce*, *cf*, *cg*, etc., rayonnant d'un point *c*, sert à régler l'appareil suivant la nature des indications à obtenir. Ces différentes lignes coupent la perpendiculaire *hg* en certains points, et le contrepoids étant ramené sur ces différentes intersections, des indications différentes sont obtenues en multipliant le résultat par un facteur donné sur le vernier.

Lorsque l'aiguille perd son magnétisme et doit être de nouveau aimantée, le recalibrage de l'instrument s'effectue très simplement. L'on fait passer dans l'appareil un courant d'intensité connue, 30 ampères, par exemple ; l'on règle le contrepoids de manière que l'aiguille indique 30 degrés, et alors on déplace le vernier jusqu'à ce

Digitized by Google

que les lignes *cd* et *hg* se rencontrent à cette nouvelle position du contrepoids; les autres nouveaux points d'intersection se trouvant dans les mêmes positions relatives, l'appareil est alors étalonné de nouveau[1].

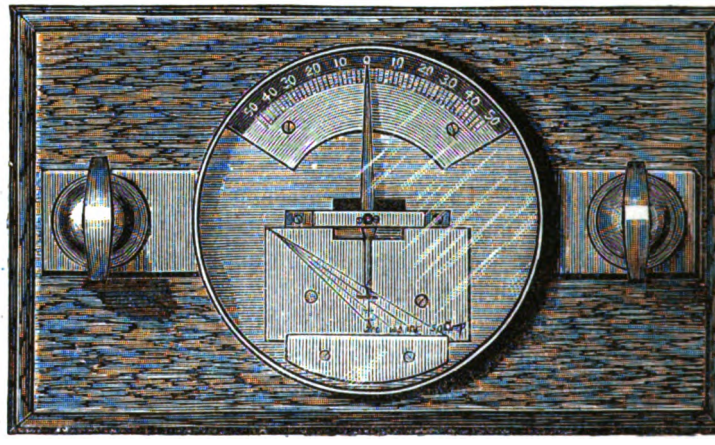


Fig. 1. — Vue d'ensemble de l'ammètre de M. Paterson.

Les avantages présentés par cet appareil peuvent donc être résumés comme suit :

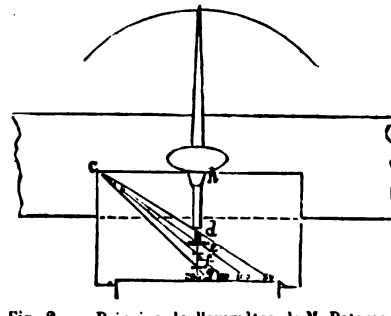


Fig. 2. — Principe de l'ammètre de M. Paterson.

1° L'appareil est universel et peut indiquer des courants de toutes intensités.

[1] La graduation de l'appareil de M. Paterson reposant entièrement sur la permanence du magnétisme de son aiguille, devra être vérifiée très souvent : c'est donc plutôt un *indicateur de courant* qu'un *ammètre* proprement dit. E. H.

Digitized by Google

2° Facilité de lecture, les indications correspondant aux degrés mêmes de l'appareil ou à des multiples de ceux-ci.

3° Facilité d'étalonnage.

4° Simplicité de construction et bon marché correspondant. L'appareil ci-dessus décrit se vend, à Londres, 80 francs.

ENCORE LES FILS AÉRIENS ! — La grande bataille des fils aériens vient enfin d'être livrée, et selon toutes probabilités, le combat sera soutenu et acharné, car il s'agit d'une question de principe, les intéressés sont nombreux, et le prélude auquel nous venons d'assister n'est qu'une passe d'armes destinée à se faire la main pour porter la lutte dans le champ de juridictions plus élevées.

La scène se passe dans une Cour de police du district de Wandsworth, une charmante banlieue de Londres; les adversaires en présence ne sont rien moins que le Ministre des postes (*Postmaster General*) d'une part, et le *Wandsworth Board of Works* d'autre part.

Le *Postmaster General*, qui est le demandant, a pris, pour commencer, 17 sommations légales contre le *Wandsworth Board of Works* les défendants, dans ce cas, la cause du différend étant la pose de poteaux et fils électriques sur certaines parties de la commune.

Le Board, questionné sur la nature de ses objections, répond, par la bouche de son avocat, M. Lane, que les fils aériens suspendus au-dessus des voies constituaient une source de danger, que le Board n'a pas d'objection à la pose souterraine des fils; dans tous les cas, il insiste pour que le danger soit réduit à un minimum. M. Casserley, l'avocat de la Poste, répond que le désir de l'Administration est d'avoir aussi peu de fils aériens que possible; que cependant il n'y a pas de règle sans exception, et que le cas en instance est d'une nature tout à fait spéciale.

Il y a un an, la Poste désirant relier par un fil la station des pompiers d'une localité avec la station de police d'une localité voisine a demandé au Board l'autorisation, refusée d'ailleurs, de placer, sur son territoire, les poteaux nécessaires. M. Casserley explique que la dépense pour établir six fils aériens dans le circuit proposé devait être de 4425 francs, avec un loyer de 1225 francs payable par le Board. La dépense nécessitée par le même système, établi souterrainement, serait de 43 750 francs, plus un loyer de 6250 francs payable par le Board. En d'autres termes, la dépense, dans les deux cas, serait respectivement de 3200 et 37 500 francs, c'est-à-dire plus de onze fois plus dans un cas que dans l'autre. M. Casserley demande si l'argent des contribuables doit être ainsi sacrifié pour obtenir d'une manière

Digitized by Google

donnée un résultat qui peut être obtenu si économiquement d'une autre manière.

Le juge dit qu'il supposait que sa mission était de déterminer si l'objection présentée par le Board est raisonnable ; et, dans son opinion, c'est audit Board à établir cette preuve.

M. Lane a annoncé qu'il produirait des témoins pour prouver que, dans nombre de cas, des poteaux et des fils sont tombés, tant par l'action d'ouragans que par d'autres causes.

L'heure de la clôture étant arrivée, le juge a proposé une remise, faisant remarquer qu'il ne pouvait laisser passer inaperçus les intérêts des contribuables, et qu'il ne pourrait s'empêcher de croire qu'il devait exister des divergences d'opinion dans les autres paroisses. M. Casserley a promis de produire des témoins établissant en effet ces divergences d'opinion.

Fusion de Compagnies de gaz. — Dans le numéro 60 (1er octobre 1883) de cette publication, nous donnions, sous la rubrique *Gaz et lumière électrique*, un aperçu de la position des trois Compagnies se partageant l'éclairage au gaz de Londres, et faisions pressentir une fusion probable, et probablement prochaine de ces Compagnies.

Un premier pas vient d'être fait dans cette voie.

Les actionnaires de la *South Metropolitan Gas C°* étaient convoqués, le 17 octobre, en assemblée générale extraordinaire, pour statuer sur un projet de fusion avec la *Gas Light and Coke C°*, et ladite fusion a été votée à l'unanimité. Lorsque la *Commercial Gas C°* aura suivi l'exemple, le monopole de l'éclairage au gaz de Londres sera entre les mains d'une seule Compagnie.

Cette fusion prochaine aura pour résultat dans tout le district actuel de la *Gas Light and Coke C°* une réduction de 20 centimes par 1000 pieds cubes dans le prix du gaz, uniformisant ainsi le prix du gaz au public, et le mettant à 0fr.1245 par mètre cube. On promet enfin des réductions ultérieures, comme conséquence de la fusion projetée.

Le gaz est livré à l'Administration, pour l'éclairage des voies publiques, à ce même prix de 0fr,1245 par mètre cube.

Une vieille invention. — Les journaux de ce pays ont annoncé la découverte, par le lieutenant Romolo Pistoni, du ministère de la guerre du gouvernement italien, d'un appareil qu'il nomme *Arechon-telegraph* (encore un mot barbare de plus à ajouter au vocabulaire électrique qui en contenait cependant assez déjà !), et destiné à mettre en relation télégraphique deux trains en mouvement, ou un train avec une station et *vice versa*. Toute la kyrielle des avantages conférés au

Digitized by Google

public et à l'Administration par l'emploi d'un pareil procédé, est énumérée, tels que : la possibilité pour des voyageurs en route de communiquer jour et nuit avec leurs amis ou leur bureau d'affaires, la réduction des chances d'accidents ; la possibilité, en cas d'accident à un train, de prévenir non seulement le train suivant, mais les stations voisines dans chaque direction, la facilité pour ces stations voisines de prévenir les trains approchant ; l'économie d'existences humaines et de matériel inutilement sacrifiés dans les cas ordinaires ; enfin grands avantages en temps de guerre.

Si un pareil système devait réussir, outre que l'idée ne nous semble pas nouvelle, des légions de brevets ayant été déjà pris sur la matière, nous entrevoyons avec horreur le moment où il ne sera même plus possible de dormir en wagon sans courir le risque d'être réveillé pour avoir à lire des télégrammes et à y répondre.

En cas d'extension de ce système aux navires en voyage, par l'intermédiaire de câbles sous-marins ou autres agencements, les médecins qui maintenant se contentent d'envoyer certains de leurs patients, pour une cure par le repos, aux États-Unis, au Cap, ou en Australie, suivant la gravité des cas, devront sérieusement songer à l'emploi des ballons comme nouveaux auxiliaires. A moins cependant que les Électriciens ne viennent polluer cette dernière ressource !

Quant aux avantages en temps de guerre, ils ne peuvent être que relatifs, rien n'empêchant l'ennemi d'user des mêmes stratagèmes. Un journal influent italien demande au Ministre des travaux publics de mettre l'invention à l'essai sur une des lignes italiennes. Cela ne pourra manquer d'être intéressant.

Éclairage électrique de constructions de ponts. — Le nouveau pont de chemin de fer que la *London Chatham and Dover Railway C°* est en train de construire, parallèlement et à côté de son autre pont de Blackfriars, est éclairé électriquement, pendant les travaux de nuit, au moyen de lampes à arc Weston, placées au-dessus des bâtardeaux, les lampes étant munies de larges réflecteurs-abat-jour.

Les entrepreneurs du gigantesque pont connu sous le nom de *Forth Bridge*, sur le *Firth of Forth*, au nord d'Édimbourg, se proposent d'éclairer électriquement, au moyen de lampes à incandescence, l'intérieur de la cloche à plongeur dans laquelle les travaux de nivellement et excavation de la rivière auront lieu.

Cette cloche ou caisson aura 21 mètres de diamètre et 19 mètres et demi de hauteur et une quantité d'ouvriers seront occupés à excaver le roc au moyen de perforatrices fonctionnant à l'air comprimé. La rivière a 60 mètres de profondeur et l'éclairage ainsi pratiqué rendra

Digitized by Google

d'incontestables services tant à l'entreprise qu'aux ouvriers qu'elle emploie.

Bibliographie. — Un nouveau journal hebdomadaire électrique, intitulé: *The Postal, Telegraphic and Telephonie Gazette* est en voie de publication, onze numéros ont déjà paru.

M. E. Brousson, l'éditeur très populaire du journal *City*, et sous les auspices duquel divers cartons comiques relatifs aux industries électriques ont paru avec tant de succès, vient de prendre en main la direction de ce journal. J.-A. Berly.

APPAREILS MAGNÉTIQUES DE M. MASCART

CAVE MAGNÉTIQUE. — APPAREILS A LECTURE DIRECTE

Les travaux d'un observatoire magnétique se résument dans l'observation de la *direction* et de l'*intensité* de la force magnétique terrestre. Dans la pratique, on se contente généralement d'observer à époques fixes, ou d'enregistrer les variations de la déclinaison, de la composante horizontale et de la composante verticale; les boussoles de variations sont donc en réalité les véritables appareils d'observation courante; on se contente d'en rapporter de temps à autre les indications à des mesures absolues.

Cette note a pour but de répondre à un désir fréquemment exprimé, relativement aux conditions d'installation et au fonctionnement d'un observatoire magnétique muni des appareils de variations de M. Mascart, dont la simplicité et l'économie peuvent d'ailleurs généraliser l'emploi.

CAVE MAGNÉTIQUE

Les variations de la température d'un aimant modifient notablement son moment magnétique; afin de réduire le plus possible les causes d'erreur qui résulteraient de fortes variations de température, et, en tous cas, pour diminuer les corrections que ces variations nécessitent, il convient d'installer les appareils dans un milieu où la température de la journée soit à peu près constante. Une cave voûtée, pourvu qu'elle soit sèche et bien aérée, réalise convenablement les conditions nécessaires.

Digitized by Google

Les dimensions d'une cave magnétique doivent être proportionnées à la force des aimants employés. Dans les appareils de M. Mascart, la longueur des barreaux est seulement de 5 centimètres, en sorte que la même salle peut contenir les trois appareils de variations convenablement disposés, sans que les aimants s'influencent réciproquement.

La figure 1 représente le plan coté d'une double cave disposée pour recevoir à la fois les appareils à lecture directe et le magnétomètre enregistreur. Ses dimensions intérieures sont $8^m,40$ et $4^m,50$. En se bornant à l'une ou l'autre des deux séries d'appareils, il suffit d'une salle de $4^m,50$ sur $3^m,20$.

Si l'on n'avait en vue que l'installation proprement dite des appareils de variations, la cave magnétique pourrait être réduite encore, mais la graduation, dont il sera parlé plus loin, comporte des expériences pour lesquelles un peu d'espace est nécessaire, et qui justifient les dimensions recommandées. Il y aura du reste tout avantage, lorsqu'on le pourra, à se mettre plus à l'aise en augmentant la longueur et la largeur des salles d'observation.

La cave sera, autant que possible, orientée selon le méridien géographique; si l'on ne considère que l'une des salles prise isolément, son grand côté devra être dirigé suivant la ligne nord-sud (voir le plan, fig. 1). La figure de la page 419 est une vue d'ensemble de la partie de la cave magnétique dans laquelle sont établis les appareils à lecture directe.

On s'assurera que les matériaux employés dans la construction ne contiennent aucune substance magnétique; il sera prudent de proscrire d'une manière générale l'usage des briques et des tuiles, qui contiennent fréquemment des oxydes de fer. On pourra employer pour les murs les moellons et le ciment, pour les cloisons les carreaux en plâtre préparés couramment dans l'industrie du bâtiment et séchés préalablement. L'ardoise est une bonne couverture.

Les appareils sont supportés par des piliers en maçonnerie (moellons et ciment) dont l'emplacement est indiqué sur le plan, et qui se terminent, à leur partie supérieure, par une tablette en pierre dure de 10 centimètres d'épaisseur.

Une petite table placée en T (fig. 1) est destinée au registre minute des observations directes; une table semblable, disposée dans la cave des enregistreurs, en T', sert de support pour les opérations que nécessitent chaque jour la substitution du papier photographique et l'entretien de la lampe.

Avant de mettre les appareils en place, on aura soin, surtout si la construction est récente, de sécher les murs le plus complètement

Digitized by Google

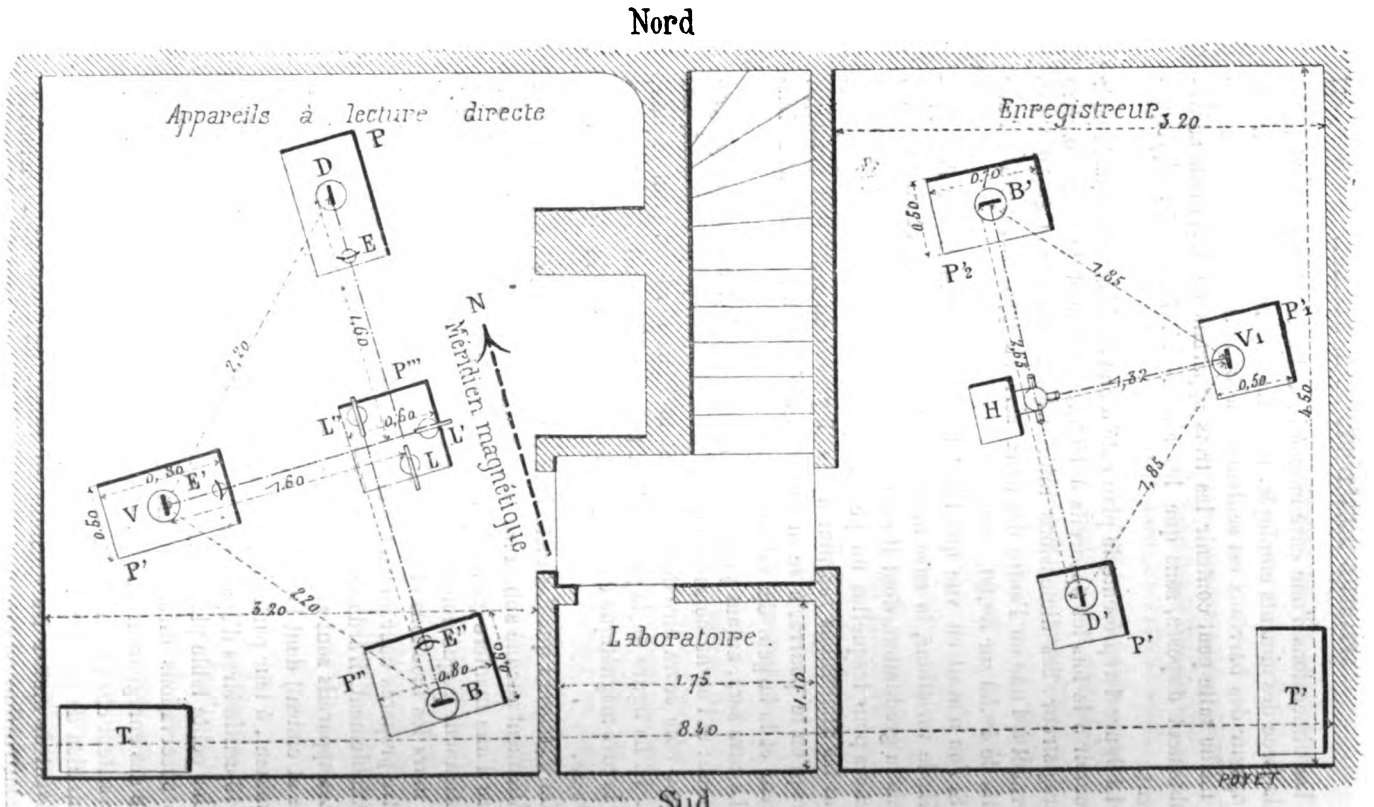
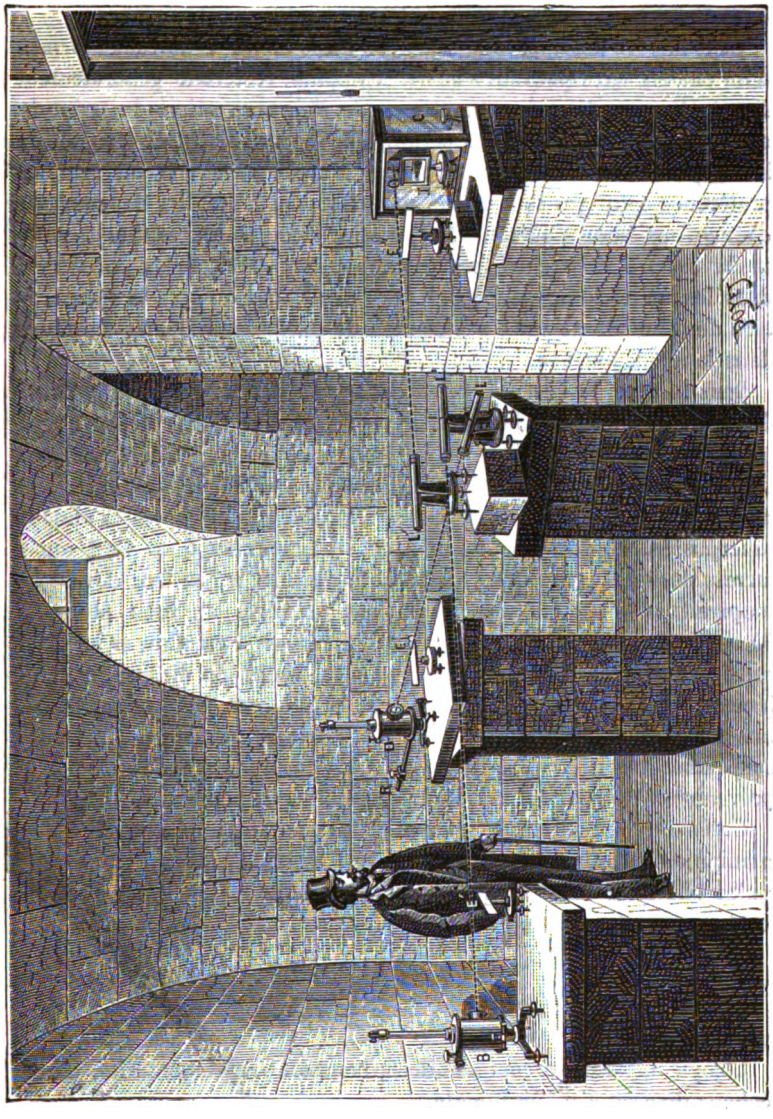


Fig. 1. — Plan d'une cave magnétique

Echelle : 20 m/m par mètre

Digitized by Google

possible. L'aération sera obtenue au moyen de soupiraux ménagés au moins sur deux côtés opposés ; cette aération est indispensable, mais



lorsque les appareils fonctionnent régulièrement, elle doit être conduite avec précaution ; il ne serait pas prudent de laisser les soupi-

Digitized by Google

raux constamment ouverts, surtout lorsque l'écart diurne de la température est considérable; on conçoit du reste la nécessité d'éviter tout ce qui pourrait produire de brusques variations de température à l'intérieur.

Dans la cave des appareils à lecture directe, les soupiraux, formés d'un châssis vitré pouvant s'ouvrir à volonté, resteront généralement fermés lorsque l'état hygrométrique de l'air sera voisin du point de saturation, ou lorsque la température de la cave sera très éloignée de la température extérieure; on pourra souvent en ouvrir un seul, de préférence celui qui sera abrité du soleil; on n'établira de courants d'air qu'aux heures où la température extérieure sera voisine de celle de la cave. L'expérience fera promptement connaître les conditions dans lesquelles il convient de régler l'aération pour que la température des aimants ne varie pas de plus de quelques dixièmes de degré dans la même journée.

Dans la cave de l'est, où l'enregistrement doit se produire à l'abri de la lumière, on doit donner aux soupiraux une forme spéciale qui permette de concilier cette condition avec les nécessités de l'aération. Chaque ouverture a 40 centimètres de long sur 30 de hauteur; elle est fermée en grande partie par des briquettes en plâtre ou en ciment superposées, de manière à ménager seulement sept ou huit jours carrés, de 5 à 6 centimètres de côté. A l'extérieur, on fixe devant le soupirail, et à 10 centimètres environ du mur, un volet plein de 60 centimètres de côté, qui ne nuit en rien à l'aération et affaiblit considérablement la lumière dans la cave. Enfin, on dispose verticalement à l'intérieur, à 50 centimètres environ de chaque soupirail, une toile noire de 1 mètre carré de surface, qui flotte librement suspendue à la voûte. Ces conditions sont absolument suffisantes pour prévenir toute trace de lumière étrangère sur le papier sensible.

En face de l'escalier des caves se trouve le laboratoire destiné aux manipulations photographiques; il est éclairé par un soupirail, qu'un châssis à verre rouge, monté sur charnières, permet d'ouvrir et de fermer à volonté.

APPAREILS A LECTURE DIRECTE

Chaque appareil se compose de la boussole proprement dite, d'une échelle divisée et d'une lunette.

Déclinomètre. — Les variations de la déclinaison sont observées au *déclinomètre.* Cet appareil (fig. 2) se compose essentiellement d'une

Digitized by Google

cage métallique circulaire B, de 10 centimètres de hauteur sur 8 centimètres de diamètre, portée sur un trépied à vis calantes, et entraînant dans son mouvement de rotation autour de l'axe vertical un cercle gradué C placé à sa base; sa face antérieure est percée d'une

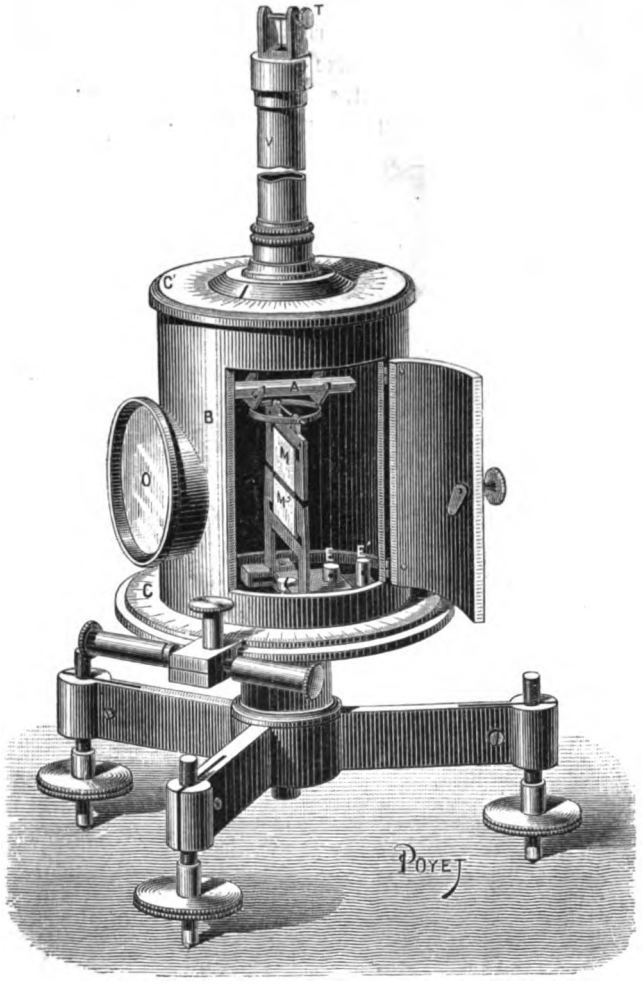


Fig. 2. — Déclinomètre.

ouverture circulaire O, fermée par une lentille convergente de 1 mètre environ de distance focale. Une colonne métallique V, de 17 centimètres de hauteur, fixée par sa base à un second cercle C' gradué

Digitized by Google

seulement de 10 en 10 degrés, se termine à sa partie supérieure par un treuil T auquel est attaché le fil de suspension du barreau ; ce fil est un simple brin de cocon de 25 à 30 centimètres de longueur. Le barreau A, de section carrée, a une longueur de 5 centimètres seulement; l'étrier qui le supporte est muni d'un miroir vertical M, qui suit tous les déplacements du barreau. Un second miroir vertical M' est encastré dans une monture fixe qui fait corps avec la cage; il peut être réglé, soit horizontalement, soit verticalement, au moyen de deux vis E et E'. Le détail de cette monture est représenté à part (fig. 3).

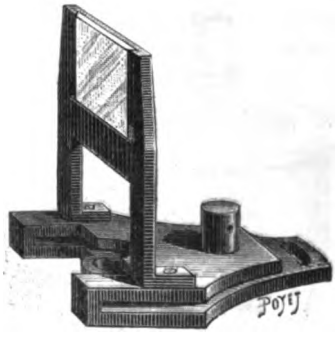
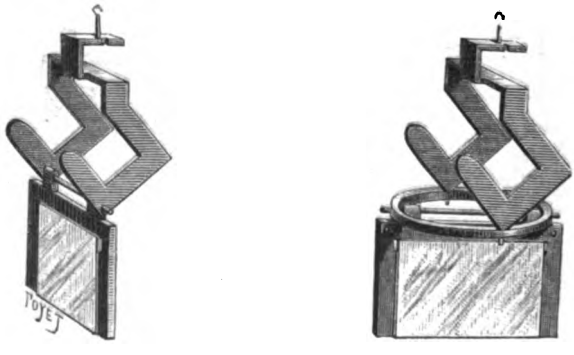


Fig. 3. — Monture du miroir fixe.

Étriers. — Il y a deux formes d'étriers ; dans l'un (fig. 4, n° 1), le miroir est parallèle au barreau; dans l'autre (fig. 4, n° 2), il lui est



N° 1. 2.

Fig. 4. — Etriers.

perpendiculaire. On emploie l'un ou l'autre de ces étriers, selon que le rayon visuel dans la lunette est parallèle ou perpendiculaire au barreau.

Digitized by Google

Lunette. — La lunette (fig. 5) est construite pour viser sur l'infini ; elle est munie d'un réticule, et l'oculaire est entraîné par une crémaillère pour faciliter la mise au point. Elle est montée sur un

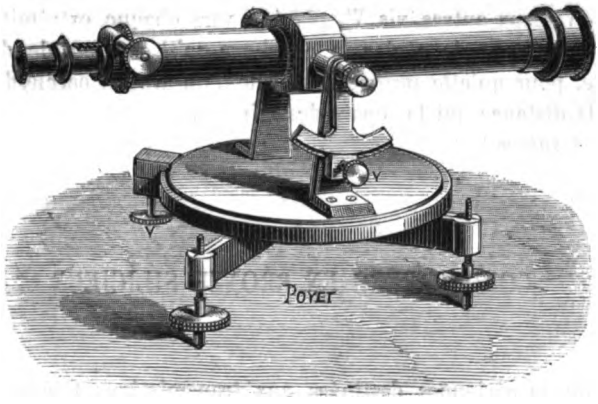


Fig. 5. — Lunette.

trépied à vis calantes, et des vis de serrage V permettent d'en fixer la position, verticalement et horizontalement.

Echelle divisée. — L'échelle des lectures (fig. 6), dont l'image doit

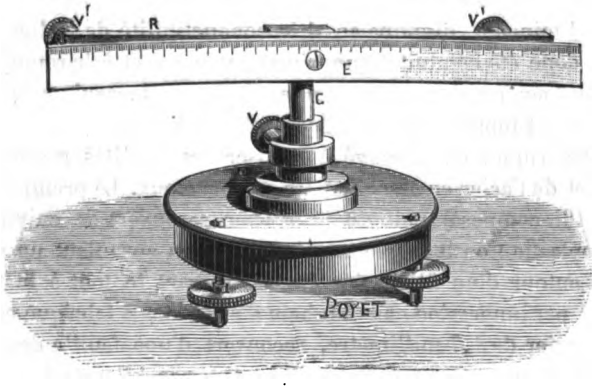


Fig. 6. — Échelle divisée.

se projeter dans le champ de la lunette, est graduée sur une lame d'ivoire ; elle est divisée en demi-millimètres ; sa longueur totale est de 20 centimètres. Elle est fixée en son milieu sur une règle métal-

Digitized by Google

lique R fixée elle-même à une colonne C, placée au centre de l'appareil ; cette colonne, entrant à frottement doux dans un tube métallique qui fait corps avec le trépied à vis calantes, peut être élevée ou abaissée à volonté, et maintenue en position à l'aide d'une vis de serrage V. Deux autres vis V', placées vers chaque extrémité de la règle, permettent de régler la courbure qu'il convient de donner à l'échelle, pour qu'elle prenne la forme d'un arc de cercle de rayon égal à la distance qui la sépare des miroirs.

(*A suivre.*)

CONDUCTEURS EN BRONZE SILICIEUX

Les lignes aériennes destinées aux transmissions télégraphiques, téléphoniques, ou de force à distance se construisent aujourd'hui en fer, en acier, en fil compound ou en bronze silicieux.

Aux débuts de la télégraphie électrique, on eut naturellement l'idée de se servir de fils de cuivre pour constituer les lignes, mais le cuivre a une faible résistance mécanique (28 à 29 kilogrammes par millimètre carré), et il s'allonge considérablement sous son propre poids. Une ligne télégraphique en cuivre établie en 1848, entre Paris et Rouen, s'allongea d'une fraction importante aux dépens de sa section qui, en diminuant, diminua aussi la conductibilité de la ligne.

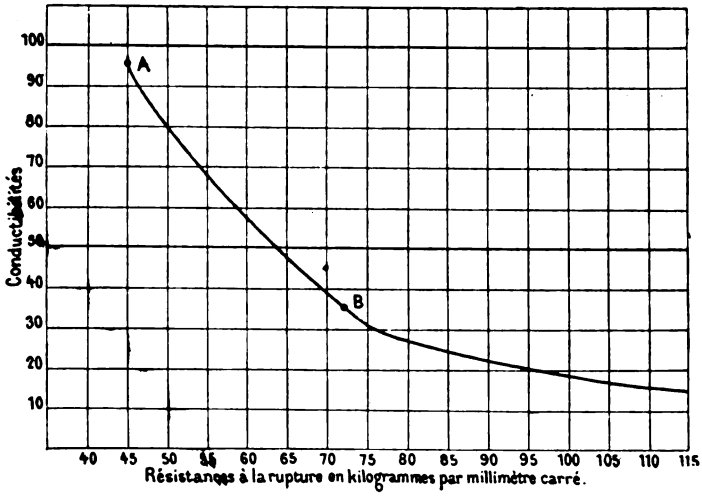
On a donc été conduit à supprimer le cuivre et à le remplacer par le fer ou l'acier qui présentent une résistance mécanique suffisante, tout en ayant une moindre conductibilité.

En Amérique, on a songé à utiliser les qualités respectives du cuivre et de l'acier en associant les deux métaux. Le premier fil *compound* (fil composé) était du fil d'acier recouvert de cuivre par la galvanoplastie : on le fabrique aujourd'hui en enroulant un ruban de cuivre autour d'un fil d'acier étamé, passant le tout à la filière et soudant par immersion dans un bain d'étain. On a fabriqué en France du fil d'acier de 1,7 millimètre, recouvert d'une feuille de cuivre de 0,2 millimètre, pesant 29 kilogrammes par kilomètre; il rompait sous une charge de 150 kilogrammes et avait une conductibilité un peu supérieure à celle du fil de fer galvanisé de 3,5 millimètres. On réunirait ainsi une grande ténacité à une conductibilité suffisante avec un poids faible, ce qui prouverait une économie notable de transport et une simplification dans la construction des lignes. On

Digitized by Google

obtiendrait aussi une conductibilité donnée avec une moindre section, ce qui atténuerait l'induction mutuelle des fils, mais les expériences faites jusqu'ici n'ont pas suffisamment prouvé que l'adhérence des deux métaux doive se maintenir; aussi l'emploi des fils compound n'est-il pas encore passé dans la pratique industrielle, en France du moins.

Depuis quelques années M. Lazare Weiller fabrique du bronze silicieux qui possède toutes les qualités mécaniques et électriques du fil compound sans en avoir les inconvénients. Le bronze silicieux présente en effet une conductibilité comparable à celle du cuivre pur, tout en ayant une résistance mécanique supérieure à celle du meilleur



Résistance mécanique et conductibilité du bronze silicieux.

fer. Cette résistance mécanique peut varier dans de grandes limites suivant l'usage auquel le fil est destiné. Il existe entre la résistance mécanique et la conductibilité une relation que la courbe ci-dessus met bien en relief, les fils les plus conducteurs étant ceux qui présentent la moindre résistance mécanique et inversement. Sur cette courbe, les résistances mécaniques en kilogrammes par millimètre carré sont portées en abscisses et les conductibilités correspondantes en ordonnées, la conductibilité du cuivre pur étant prise égale à 100.

Pour les lignes téléphoniques, il faut des fils légers à grande portée: la résistance mécanique doit être aussi grande que possible pour résister aux chocs, au vent, permettre la suppression des sourdines et diminuer le nombre des appuis sans augmenter leur charge; une

Digitized by Google

conductibilité même médiocre est encore suffisante, eu égard à la nature des courants téléphoniques.

Pour les lignes télégraphiques, surtout les grandes lignes internationales à grand débit, on recherche, au contraire, le maximum de conductibitité. Le fer ne permet de l'atteindre qu'avec des diamètres considérables, le fil se transforme alors en une barre de fer peu maniable. Le fil de bronze donne la même conductibilité sous un diamètre réduit, en choisissant un type de bonne conductibilité, mais ayant cependant une résistance mécanique totale suffisante.

Les points A et B de la courbe se rapportent à deux types employés par le ministère des postes et télégraphes et qui caractérisent ces deux applications spéciales :

1° *Fil télégraphique* (A) de 2 millimètres de diamètre ayant 45 kilogrammes de résistance mécanique par millimètre carré et 95 pour 100 de conductibilité ;

DIAMÈTRE EN MILLIMÈTRES.	SECTION EN MILLIMÈTRES CARRÉS.	RÉSISTANCE EN OHMS PAR KILOMÈTRE A 0° C.	POIDS EN KILOGRAMMES PAR KILOMÈTRE.
		FILS TÉLÉPHONIQUES	
1,00	0,7854	64	6,940
1,08	0,8655	58	7,635
1,10	0,9503	57	8,455
1,15	1,0583	48	9,167
1,20	1,1310	44	10,036
1,25	1,2252	40	10,850
1,30	1,3273	38	11,748
1,35	1,4294	35	12,638
1,40	1,5394	32	13,617
		FILS TÉLÉGRAPHIQUES	
1,25	1,2272	13,97	10,85
1,50	1,7671	9,68	15,66
2,00	3,1416	5,45	27,96
2,25	4,1741	3,81	39,78
2,50	4,9087	3,47	44,01
2,75	5,9380	2,87	52,77
3,00	7,0685	2,41	62,91
3,50	9,6211	1,77	85,61
4,00	12,5664	1,36	111,78
4,50	15,9043	1,13	141,51
5,00	19,6349	0,87	174,70

2° *Fil téléphonique* (B) de 1,1 millimètre de diamètre ayant de 70 à

Digitized by Google

80 kilogrammes de résistance mécanique par millimètre carré et 34 pour 100 de conductibilité.

Ces diamètres se rapportent à des lignes de longueurs moyennes. On peut les modifier à volonté suivant les conditions exigées par des réseaux déterminés.

Le tableau ci-contre donne les divers éléments relatifs aux fils de bronze silicieux télégraphiques et téléphoniques de divers diamètres. Il permet d'établir le prix d'une ligne de longueur donnée d'après le poids de bronze qu'elle exigera, ainsi que les calculs relatifs aux flèches, prix de transport, etc.

Voici maintenant, pour faciliter les comparaisons, un tableau qui résume les propriétés principales des différents fils employés jusqu'ici : cuivre, fer et acier. La résistance kilométrique est rapportée au fil d'un millimètre de diamètre.

DÉSIGNATION DES FILS.	RÉSISTANCE A LA RUPTURE PAR MILLIMÈTRE CARRÉ	RÉSISTANCE KILOMÉTRIQUE A 0° C.	CONDUCTIBILITÉ.
	kilogrammes.	ohms.	
Cuivre pur	28	20,57	100
Bronze silicieux télégraphique . . .	45	21,42	96
— — téléphonique . . .	76	64,00	34
— phosphoreux téléphonique . .	72	78,00	26
Fer galvanisé de Suède	36	135,20	16
Acier galvanisé Bessener	40	156,00	13
— Siemens-Martin	42	166,80	12

On peut remplacer les fils télégraphiques des grandes lignes de 5 millimètres de diamètre pesant 155 kilogrammes par kilomètre, par des fils de bronze silicieux de 2 millimètres pesant 28 kilogrammes par kilomètre, et les fils téléphoniques ordinaires, en fil d'acier de 2 millimètres, pesant 25 kilogrammes par kilomètre, par des fils de bronze silicieux de 1,1 millimètre, pesant 8,45 kilogrammes par kilomètre.

Les lignes étant ainsi beaucoup plus légères, chargent moins les poteaux, ce qui permet de diminuer leurs dimensions et de les espacer davantage; ajoutons enfin aux avantages déjà énumérés l'inoxydabilité du fil, et la diminution de l'influence nuisible de l'induction.

La variation de résistance du bronze silicieux avec la température est très-faible. Entre 0 degré et 50 degrés centigrades, et M. O. Leblond donne la formule suivante :

$$R_t = R_0 (1 + kt).$$

Digitized by Google

R_t, résistance à la température t.
R_0, résistance à la température 0 degré.
k, coefficient dont voici les différentes valeurs :

Fer	0,00472
Cuivre	0,00402
Bronze phosphoreux	0,000743
— silicieux	0,000740

La variation de résistance avec la température est donc très faible et absolument négligeable en pratique.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 8 octobre 1883.

M. Quet présente une note *Sur l'induction produite par la variation d'intensité du courant électrique dans un solénoïde sphérique.*

Séance du 15 octobre 1883.

M. G. Tissandier rend compte de son ascension effectuée à l'aide d'un *aérostat électrique à hélice*, le 8 octobre 1883 (voy. page 402).

Nouveau mode d'isolement des fils métalliques employés dans la Télégraphie et la Téléphonie. — Note de M. C. Widemann.

Ayant eu l'occasion, depuis une année, d'appliquer, pour la décoration d'objets de bijouterie et de mode, les procédés signalés par Nobili et Becquerel pour obtenir les colorations au moyen de bains de plombates et de ferrates alcalins, j'ai observé que les pièces ainsi colorées étaient devenues absolument résistantes à toute action galvanique, c'est-à-dire que leurs surfaces, une fois recouvertes de peroxyde de plomb ou de fer, étaient isolées, et ne conduisaient plus le courant électrique. Un fil de cuivre ou de laiton, et même de fer, se trouve ainsi recouvert d'une couche isolante, analogue à celle d'une couche de résine ou de gutta.

Il y a là, je crois, une application facilement utilisable dans la

Digitized by Google

confection des câbles ou fils employés dans la Télégraphie et la Téléphonie.

Le moyen d'obtenir cette couche isolante est très pratique, au point de vue industriel, et le coût fort minime; la dureté de cette couche, très résistante aux diverses actions atmosphériques, est une garantie de durée. L'isolement est absolu.

Le mode de préparation est fort simple : il suffit de préparer un bain de plombate de potasse, en faisant dissoudre 10 grammes de litharge dans un litre d'eau à laquelle on a ajouté 200 grammes de potasse caustique, et de faire bouillir pendant une demi-heure environ; on laisse reposer, on décante, et le bain est prêt à fonctionner. On attache, au fil *positif*, le fil métallique à recouvrir de peroxyde de plomb, et l'on plonge dans le bain une petite anode de platine au pôle négatif; du plomb métallique très divisé se précipite au pôle négatif, et le peroxyde de plomb se porte sur le fil métallique, en passant successivement par toutes les couleurs du spectre; l'isolement n'est parfait que lorsque le fil est arrivé à la dernière teinte, qui est d'un brun noir.

Le fil ainsi recouvert est parfaitement insensible à l'action électrique; on peut y attacher des objets parfaitement décapés et les porter au pôle négatif d'un bain de dorure, d'argenture, de nickelage, sans que le courant, si puissant qu'il soit, ait une action sur les pièces à recouvrir de métal; un tel fil, placé dans un courant et mis en contact avec un autre fil en rapport avec un galvanomètre, laisse celui-ci parfaitement insensible; il n'y a aucune déperdition du premier courant, qui passe par le fil recouvert de peroxyde.

J'ai pensé que cet isolement parfait pouvait être utilisé par les électriciens, soit pour les boussoles, soit pour tous autres appareils; c'est pourquoi j'ai l'honneur d'en faire part à l'Académie. Je me tiens à la disposition de ceux de ses membres qui désireraient contrôler ces résultats.

NÉCROLOGIE

M. Louis Breguet, de l'Académie des sciences, vient de mourir subitement, le 27 octobre, en son domicile du quai de l'Horloge. Il était membre titulaire du bureau des longitudes depuis 1862 et membre de l'Académie des sciences depuis 1874. Il publia en 1845 le premier traité de télégraphie électrique qui ait paru.

L'industrie électrique perd en Louis Breguet un de ses plus habiles artistes, et la science un de ses représentants les plus autorisés.

Digitized by Google

BIBLIOGRAPHIE

—

DICTIONNAIRE D'ÉLECTRICITÉ ET DE MAGNÉTISME, *étymologique, historique, théorique, technique, avec la synonymie française, allemande et anglaise*, par M. ERNEST JACQUEZ, chargé du service de la bibliothèque scientique et administrative du Ministère des Postes et des Télégraphes. — *C. Klincksieck* Paris, éditeur.

C'est une approbation sans réserve que mérite l'œuvre de M. E. Jacquez. Il fallait avoir sous la main les richesses de la bibliothèque du ministère des postes et des télégraphes pour oser l'entreprendre, mais il fallait aussi réunir les qualités d'un savant et d'un bénédictin pour la mener à bonne fin. Nous apprécions l'importance du service rendu à la science électrique par M. Jacquez et, pour notre part, nous l'en remercions très sincèrement.

La synonymie allemande et anglaise accompagne chaque terme d'électricité. Le côté historique a été particulièrement étudié par l'auteur, qui a soigneusement recherché et comparé les textes originaux, et contrôlé les indications données par les historiens de l'électricité, pour bien fixer les dates et les auteurs des différentes découvertes électriques. De nombreux index bibliographiques renvoient le lecteur aux livres dans lesquels les questions sont développées.

La formation défectueuse de certains mots dont les radicaux violent, par leur assemblage, toutes les règles de la philologie, est soigneusement indiquée. Voici quelques-uns de ces *lapsus linguæ*.

AUDIOMÈTRE (*Audio*, j'entends, μίτρον, mesure) mot hybride formé d'un mot latin et d'un mot grec.

DIÉLECTRICITÉ, composé grec à désinence latine.

DIPLEX, mot hybride à radical grec suffixé de latin; δι (σ) deux fois; *plex*, suffixe multiplicatif latin.

ÉLECTROMOTOGRAPHE (*Électromoteur*) — γράφω j'écris — mot hybride, grec aux deux extrémités et latin au milieu.

FERROMAGNÉTIQUE, mot hybride formé d'un mot latin, *ferrum*, et de *magnétique*, qui est tiré du grec.

Au mot *machine électrique*, M. Jacquez rétablit l'historique des machines à frottement. La machine à cylindre attribuée en France à Nairne a été inventée par *Gordon*, un bénédictin écossais, mais l'emploi d'un cylindre de verre est dû à *Hawskbee*; on en trouve la men-

Digitized by Google

tion dans un ouvrage de 1719 intitulé : *Physico-mechanical experiments*. La machine à plateau connue sous le nom de machine de *Ramsden* date de 1766, mais elle est postérieure à la machine de *Sigaud de Lafond* (1756) et à celle d'*Ingenhousz* (1764).

Ces quelques exemples empruntés à l'ouvrage que nous analysons montrent le soin et le désir de vérité scientifique dont l'auteur est animé. Tous ceux qui s'intéressent à l'électricité devront avoir le dictionnaire de M. Jacquez, non pas dans leur bibliothèque, mais sur leur table de travail. E. H.

FAITS DIVERS

—

Société internationale des Électriciens. — Le succès de la Société en formation dépasse toutes les espérances. Au 25 octobre, les adhésions atteignaient déjà le chiffre de 840 membres dont 650 pour la France et les colonies, et 400 environ pour Paris. Plus de 20 nations ont déjà adhéré.

L'Assemblée générale aura lieu le 15 novembre, à huit heures et demie du soir, dans la salle des séances de la *Société d'encouragement*. Le délai d'admission comme membre fondateur est prorogé jusqu'à cette date. On peut prévoir que le nombre des adhésions dépassera *mille*. Le fait est unique dans l'histoire de l'organisation des sociétés scientifiques : c'est d'un bon présage pour l'avenir de la jeune Société.

—

Allumage électrique des becs de gaz du dôme de la galerie Victor-Emmanuel à Milan. — Tout le monde connaît, au moins de réputation, la galerie Victor Emmanuel à Milan. Le centre de ce passage est occupé par un dôme dont les dimensions et l'élévation sont considérables. Ce dôme est éclairé par une rampe à gaz qui est installée le long de sa circonférence intérieure.

On conçoit que l'allumage de ces becs de gaz, au nombre de plusieurs centaines, n'est pas sans danger en raison de la hauteur de la voûte et de l'étroitesse de la plate-forme circulaire. Aussi les constructeurs italiens ont-ils imaginé un système ingénieux pour allumer cette rampe.

Ils ont placé, à l'affleurement des becs de gaz, un railway microscopique sur lequel circule une petite locomotive électrique; ce moteur porte dans sa cheminée une mèche à esprit-de-vin produisant une large flamme. Lorsque le moment d'allumer la rampe est venu et que les robinets à gaz sont ouverts, on lance la petite locomotive sur la voie ferrée; elle accomplit son trajet circulaire avec une grande rapidité en allumant ponctuellement sur son passage tous les becs de gaz.

Digitized by Google

Ce spectacle à la fois curieux et amusant attire tous les soirs dans la galerie Victor-Emmanuel une foule de curieux qui attendent avec une patience infatigable le moment où la locomotive effectue son travail. (*Le Génie civil.*)

—

L'ÉLECTRICITÉ A LA MAISON. — Parmi les applications qui excitent vivement la curiosité et l'intérêt des visiteurs à l'Exposition de Vienne, il faut citer celle de l'électro-moteur Griscom aux usages de l'économie domestique.

Ce moteur à double induction ne mesure que 0m,12 de long sur 0m,07 de hauteur et de largeur, et pèse 1 kilogramme. Le courant est fourni par une batterie de 6 éléments dissimulée dans un joli petit coffre de bois poli, qui peut servir de siège. Un ressort soustrait ces piles à l'action chimique, et quand on veut les mettre en activité, il suffit d'appuyer plus ou moins sur une pédale, suivant que l'on veut obtenir un courant plus ou moins intense.

Ces piles ne répandent aucune odeur et durent plusieurs mois. D'ailleurs leur renouvellement peut être fait facilement par le premier venu et ne cause que des frais insignifiants.

La manipulation du moteur n'offrant aucun danger, cet appareil est bien approprié à l'économie domestique. Il va sans dire que, si l'on a déjà à sa disposition une conduite électrique, la batterie est inutile ; il suffit simplement de mettre le conducteur en communication avec les fils conducteurs.

Le moteur s'accouple facilement à une machine à coudre quelconque ; il peut en être éloigné rapidement pour recevoir d'autres applications. Ainsi le matin il actionnera, si l'on veut, un réfrigérateur d'une forme élégante, destiné à purifier et rafraichir l'atmosphère d'une chambre, ou une petite scie à découper, ou bien encore un ventilateur spécial, nommé *refresher*.

Ce ventilateur à 2 ailettes est en connexion directe avec le moteur ; tous deux tiennent sur un support nickelé placé sur une table ou sur un bureau.

Le réfrigérateur est un vase en zinc, dans le socle duquel se meut un aspirateur hélicoïdal actionné par le moteur ; l'air aspiré est refoulé dans une cavité contenant des essences odoriférantes ou des produits désinfectants, qui s'échappent alors par des orifices, comme d'un pulvérisateur.

La batterie seule, sans le moteur, est assez puissante pour alimenter une lampe à incandescence de 10 bougies normales.

Quand la pédale est à fond, le moteur se meut à raison de 5000 tours par minute, de sorte que le réfrigérateur ou le *refresher* peuvent débiter environ 30 mètres cubes à la minute, et la machine à coudre exécuter 900 points dans le même temps.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4598. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES LIGNES SOUTERRAINES EN FRANCE

Les lignes souterraines à grande distance sont de création toute récente : malgré les difficultés techniques que présentait leur emploi, on y a été amené par les désordres que les ouragans amènent dans les lignes aériennes, les perturbations que produisent les changements de température, le givre, les pertes à la terre en temps humide et enfin l'électricité atmosphérique.

En présence de ces dérangements, il devenait chaque jour plus urgent de compléter les réseaux aériens par des réseaux souterrains pour assurer en tout temps les principales communications.

Le problème fut attaqué dès le début de la télégraphie électrique, mais on n'obtint pas alors une solution satisfaisante parce que la fabrication des câbles était encore très-imparfaite. L'Allemagne entra franchement dans cette voie en 1875, mais c'est seulement en 1879 que l'établissement d'un grand réseau souterrain fût décidé en France.

Ce réseau, dont une partie importante est aujourd'hui en service, fonctionne d'une manière régulière et de tous points satisfaisante; il ne sera donc pas hors de propos d'en indiquer à grands traits les principales dispositions, ne serait-ce que pour enregistrer le succès d'une œuvre importante, étudiée et réalisée en France dans des conditions qui ne sont pas sans exciter un peu l'envie de nos voisins, et encourager le développement d'un système de communications destiné à nous rendre un jour d'inappréciables services.

Les lignes souterraines françaises se divisent en deux catégories :

1° Les *grandes lignes*, destinées à relier les grands centres, comprennent au moins six conducteurs, groupés trois par trois pour former des câbles disposés dans des tuyaux en fonte jointifs, et tirés par des regards établis tous les 500 mètres.

2° Les *câbles armés*, renfermant 1, 2 ou 3 conducteurs, et simplement enfouis dans des tranchées d'environ 1m,20 de

Digitized by Google

profondeur. Ces câbles sont destinés aux embranchements.

Ce sont les grandes lignes qui présentent surtout de l'intérêt, à cause des difficultés techniques qu'offre leur exploitation, par suite des effets de condensation, d'induction mutuelle des fils et des courants telluriques auxquels elles sont soumises.

En ce qui concerne les effets de condensation, la difficulté n'est pas plus grande que sur les lignes sous-marines, mais on a, avec les câbles souterrains, l'immense avantage de pouvoir fractionner les sections à volonté, et de faire usage de relais, ce que ne permettent pas les lignes sous-marines.

Il suffit d'opérer ce sectionnement en choisissant pour longueurs extrêmes celles qui n'apportent pas de gêne dans la transmission.

L'expérience a démontré qu'on peut fonctionner jusqu'à 400 kilomètres avec la même vitesse de transmission que sur les lignes aériennes. Comme l'intercalation des relais actuels à armature légère n'apporte lui-même aucun retard dans la transmission, la distance se trouve ainsi pratiquement illimitée en intercalant un relais tous les 400 kilomètres environ.

Dans les expériences auxquelles nous avons assisté le 7 novembre dernier, les appareils Hughes marchaient à 116 tours, ce qui est la vitesse normale de ces appareils travaillant sur des lignes aériennes et transmettant en moyenne 50 dépêches de 20 mots par heure, non compris les indications de service, quelle que soit la distance : Lille, Dijon ou Lyon.

L'induction mutuelle des fils constitue une difficulté qu'on retrouve aussi dans les lignes aériennes. Les appareils à transmission rapide fonctionnent toujours avec des courants de faible intensité comparée à celle des systèmes moins sensibles, tels que le Morse. Il en résulte que les courants d'induction du Morse gênent souvent le Hughes alors que l'inverse ne se produit pas.

L'induction dynamique a peu d'influence, car elle est indépendante de la distance et ne dépend que de l'intensité du courant de travail qui, comme nous venons de le dire, est assez faible dans les appareils rapides. L'induction la plus nuisible est l'induction électrostatique causée par la charge d'un fil sur le fil voisin, car elle croît comme le carré de la longueur de la ligne.

L'artifice employé sur le réseau français pour combattre cet

Digitized by Google

inconvénient est des plus ingénieux et des plus pratiques : il consiste à placer les longues lignes dans des câbles différents. Ainsi, par exemple, la ligne à 9 conducteurs allant de Paris à Lyon se compose de 3 câbles renfermant chacun 3 conducteurs distincts, un gros et deux petits.

Le gros conducteur de chaque câble est en communication avec Lyon, mais les trois conducteurs directs se trouvent dans des câbles distincts et par conséquent assez séparés pour ne s'induire que très faiblement.

Les 2 petits conducteurs restant dans chaque câble servent aux communications entre les stations intermédiaires, par exemple entre Paris et Auxerre, Auxerre et Dijon, Dijon et Lyon, c'est-à-dire sur des longueurs assez courtes pour que les inductions mutuelles ainsi fractionnées soient sans influence pratiquement gênante.

L'emploi de relais espacés d'environ 400 kilomètres imposé par les phénomènes de condensation limite d'ailleurs les effets d'induction mutuelle dans leur valeur absolue, et l'expérience faite sur le câble de Dijon avec 9 appareils Hughes travaillant simultanément sur les 9 fils de la ligne souterraine prouve que l'induction mutuelle n'est pas gênante à cette distance.

En ce qui concerne l'influence des courants telluriques et des grandes perturbations électriques de l'atmosphère, telles que les aurores boréales, les câbles souterrains laissent toujours la ressource de boucler les fils et de travailler sur un circuit métallique entièrement isolé de la terre, et, par conséquent, dans des conditions encore meilleures qu'avec les lignes aériennes que les pertes mettent toujours partiellement en communication avec la terre.

Les grandes lignes renferment 3 câbles de 3 conducteurs. Chaque conducteur se compose de 7 brins de cuivre recouverts de 3 couches de gutta-percha adhérant par de la composition Chatterton. Le conducteur et son diélectrique sont ensuite recouverts d'un guipage composé d'un certain nombre de couches de jute tanné formant matelas, maintenues par un ruban extérieur de coton tanné. Les câbles sont livrés par longueurs de 500 mètres et les liaisons se font dans des chambres de raccordement disposées à des distances égales sur le parcours de la ligne. L'emploi d'une conduite jointive en fonte con-

Digitized by Google

stitue à la fois une protection mécanique, peu altérable dans le sol, et une protection chimique de la gutta contre les altérations qu'elle pourrait subir du fait de la nature des terrains traversés par la ligne. L'emploi de ces regards peu espacés facilite la localisation des fautes ainsi que le remplacement ou le déplacement des différentes sections, lorsque des travaux d'art, canaux, chemins de fer, etc., imposent des modifications dans le tracé.

Les lignes souterraines dont la construction remonte à moins de quatre ans comportent déjà un développement de :

2500 kilomètres de grandes lignes,
800 kilomètres de câbles armés.

ce qui correspond à 18 000 kilomètres de fil actuellement posés, sur lesquels 12 000 kilomètres sont dès à présent en service courant journalier, et dont le nombre s'augmente chaque jour au fur et à mesure de l'installation des bureaux.

Ces chiffres ne constituent-ils pas la meilleure réponse à faire aux critiques aussi vives que peu fondées dont la presse politique s'est fait trop inconsidérément l'écho? E. Hospitalier.

DE LA CARACTÉRISTIQUE

DES MACHINES DYNAMO-ÉLECTRIQUES
EXCITÉES EN DÉRIVATION

Étant données la vitesse, les résistances de l'anneau, des électros, du rhéostat régulateur et des lampes, nous allons chercher quelle est la différence de potentiel aux bornes d'une machine shunt-dynamo.

Soient R la résistance de l'anneau, r celle des électros, I l'intensité du courant utile (circuit des lampes par exemple); i l'intensité du courant qui circule dans les électros; ρ la résistance additionnelle ajoutée au circuit des électros; M le magnétisme efficace; E la force électromotrice de l'anneau à la vitesse v; e la différence de potentiel aux bornes.

Digitized by Google

Supposons d'abord que la résistance utile est infinie, ce qui donne $I = 0$. Nous rentrons alors dans le cas d'une machine excitée en série et nous devons retomber sur les mêmes formules.

Il est facile de le démontrer.

La force électromotrice est fonction du magnétisme efficace et de la vitesse. On a donc

$$E = f(Mv)$$

Le magnétisme est lui-même fonction de l'intensité du courant inducteur :

$$M = \varphi(i)$$

mais on a

$$i = \frac{E}{R + r + \rho}$$

d'où l'on conclut que

$$M = \varphi \frac{E}{R + r + \rho}$$

$$E = f\left(\varphi \frac{E}{R + r + \rho} v\right)$$

d'où il suit que

$$\frac{E}{\psi E} = \chi\left(\frac{v}{R + r + \rho}\right)$$

en appelant ψ et χ deux nouvelles fonctions. On a donc en nommant F la fonction finale :

$$E = F\left(\frac{v}{R + r + \rho}\right) \qquad (1)$$

Cette démonstration est toute semblable à celle de M. Frölich, et conduit bien au même résultat.

La force électromotrice étant donnée, on en déduit facilement la différence de potentiel aux bornes par la formule

$$e = E - (I + i)R.$$

J'ai vérifié que pour la machine Edison type Z l'équation (1) est sensiblement égale à l'équation suivante, qui est celle d'une droite.

Digitized by Google

$$E = a + b\frac{v}{R + r + \rho} \qquad (2)$$

et comme R est négligeable devant $r + \rho$, on peut écrire :

$$E = a + \frac{v}{b(r + \rho)}.$$

Les constantes a et b varient légèrement avec les machines.

On peut conclure de ce qui précède que la force électromotrice d'une shunt-dynamo est indépendante de la valeur de la résistance utile.

On voit aussi, ce que tout le monde sait, que si la résistance de l'anneau était nulle, la différence de potentiel aux bornes suivrait la même loi.

Remarquons en passant qu'il suffit de deux expériences pour déterminer les valeurs de (a) et de (b).

ROGER CHAVANNES,
ingénieur.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

NOUVELLE LOI DE BREVETS. — Les Electriciens étant, actuellement et depuis quelques années, les clients les plus assidus du Patent Office, il ne sera pas hors de propos de donner, ici, un aperçu de la nouvelle loi sur les Brevets, récemment promulguée.

Quiconque a eu à prendre des brevets en Angleterre a dû être frappé des complications auxquelles ce procédé, dont la pratique est si simple en nombre d'autres pays, donnait lieu ainsi que de leur coût énorme, presque prohibitif.

En effet, l'obtention d'un brevet par les voies ordinaires ne nécessitait pas moins de quatre démarches à des époques déterminées, accompagnées de payements variés et distincts, et ce, dans l'espace de six mois, ainsi que le dépôt de nombreux documents et dessins de dimensions déterminées, écrits suivant des formules antiques autant que solennelles, exécutés suivant certaines dimensions, sur certains matériaux, etc., etc.

Toutes ces complications nécessitaient, dans la majorité des cas, l'emploi d'intermédiaires, ce qui ne contribuait pas peu à grossir le prix, déjà élevé, d'un brevet. En dehors des honoraires d'un agent, le

Digitized by Google

coût des taxes prélevées par le gouvernement ne s'élevait pas à moins de 625 francs pour les trois premières années, 1250 francs pour les quatre années suivantes, et 2500 francs pour les sept dernières années, soit un total de 4375 francs pour les quatorze années de la durée d'un brevet.

De plus, ces divers payements ne pouvaient être échelonnés; il fallait renouveler pour quatre ans, sept années à la fois, ou pas du tout.

Si la nouvelle loi n'est pas parfaite, elle a du moins l'avantage de rendre l'obtention de brevets beaucoup plus accessible à tous, tant au point de vue du prix qu'à celui de la simplicité et des facilités qu'elle présente.

D'après la nouvelle loi, toute personne, soit anglaise, soit étrangère, peut déposer une demande de brevet.

Deux ou plusieurs personnes peuvent faire une demande commune et un brevet peut leur être accordé conjointement.

Une demande de brevet, faite dans les formes prescrites, peut être déposée au Patent Office ou envoyée par la poste.

Toute demande doit être accompagnée par une spécification, soit provisoire, soit définitive ou finale.

Une spécification provisoire doit décrire la nature de l'invention et être, si cela est nécessaire, accompagnée de dessins.

Une spécification finale, déposée ou non en même temps que la demande, doit décrire tout particulièrement la nature de l'invention et la manière de la mettre à exécution, et doit être, si cela est nécessaire, accompagnée de dessins.

Une spécification, provisoire ou complète, doit commencer avec le titre, et, dans le cas d'une spécification complète, finir avec une déclaration distincte de l'invention réclamée.

Toute demande sera soumise, par le contrôleur, à un examinateur qui rapportera au contrôleur, après examen, si la nature de l'invention a été convenablement décrite, et si la spécification, et les dessins s'il y en a, ont été préparés suivant la manière prescrite, et enfin si le titre indique bien la nature de l'invention.

Dans le cas où une demande de brevet porterait le même titre que, ou un titre similaire à celui d'une demande antérieure de brevet n'ayant pas encore reçu le sceau, et sur le rapport de l'examinateur à cet effet, le contrôleur peut refuser d'accorder le sceau à la demande de brevet du second pétitionnaire.

Dans les cas traités par les deux précédents paragraphes, la décision du contrôleur est sujette à un appel devant un officier légal.

En cas de modifications exigées par le contrôleur, la spécification

Digitized by Google

complète devra être acceptée avant l'expiration de douze mois (sauf en cas d'appel), sous peine de déchéance.

Les spécifications et dessins seront ouverts à l'inspection du public à partir de l'acceptation de la spécification complète, laquelle sera rendue publique par voie d'annonce; les intéressés pourront, pendant deux mois, mettre opposition à l'octroi définitif du brevet en question, donnant, naturellement, les motifs de leur opposition en même temps. Dans le cas d'opposition, le pétitionnaire, en sera dûment informé et le contrôleur décidera, sous réserve d'un appel devant un officier de loi, de la valeur de l'opposition ou des oppositions ainsi formulées, le pétitionnaire ayant été entendu ainsi que l'opposant, si celui-ci le désire.

Tout brevet datera du jour de la demande.

La durée d'un brevet d'invention est de quatorze années.

Cette durée peut être prolongée dans certains cas, et les demandes de prolongations doivent être faites suivant certaines règles et dans certains délais.

Les payements ou annuités à effectuer, pendant la durée du brevet, sont distribués de la manière suivante :

	francs.
Demande de brevet, protection provisoire.	25
— spécification finale.	75
	100

Ou si la demande est accompagnée d'une spécification finale : 100 francs. Avant l'expiration de quatre années, de la date du brevet : 1250 francs. Avant l'expiration de huit années, de la date du brevet : 2500 francs. Par ce qui précède, l'on voit que la réduction se trouve portée sur le premier terme du brevet, lequel coûte 100 francs pour quatre ans, au lieu de 625 francs pour trois ans.

Le deuxième terme de quatre ans coûte 1250 francs dans les deux cas, et le troisième terme, de six ans d'après la nouvelle loi, coûte 2500 francs, contre la même somme pour sept ans, d'après l'ancienne loi.

Cependant, les payements des 1250 francs avant l'expiration de la quatrième année, et de 2500 francs avant l'expiration de la huitième, peuvent être remplacés par des annuités réparties de la manière suivante :

				francs.
Avant l'expiration de la	4e	année	de la date du brevet.	250
—	5e	—	. . . . .	250
—	6e	—	. . . . .	250
—	7e	—	. . . . .	250
—	8e	—	. . . . .	375
—	9e	—	. . . . .	375
—	10e	—	. . . . .	500
—	11e	—	. . . . .	500
—	12e	—	. . . . .	500
—	13e	—	. . . . .	500

Digitized by Google

Cette combinaison est en faveur du breveté, car il lui rend les commencements faciles et ne lui devient coûteux qu'après un nombre raisonnable d'années, c'est-à-dire dans le cas où le brevet a eu un succès suffisant pour en justifier le maintien.

Somme toute, quels que soient les défauts de la nouvelle loi, défauts appelés à se manifester en pratique, son ensemble constitue incontestablement un grand progrès.

L'examen préalable est cependant, à notre avis, un progrès rétrograde, pour quiconque est initié à certains grands procès auxquels certains brevets ont donné lieu, même tout récemment, et se rappelle de quelles difficultés techniques les débats étaient semés à chaque pas, la quantité de témoignages scientifiques contradictoires donnés par les hommes les plus éminents et autorisés : la thèse précédemment énoncée n'exige aucun développement pour se convaincre que le soin laissé à deux individus, si impartiaux et compétents qu'ils puissent être, de décider, dans leur sagesse, de la validité d'un brevet, donnera fatalement lieu à de grands abus et de grandes injustices.

La nouvelle loi prendra effet à partir du 1er janvier 1884.

Nous n'avons pas la prétention de donner ici le texte complet de cette loi, laissant ce soin aux journaux spéciaux; mais nous avons cru intéressant de placer devant eux les points principaux qui peuvent leur permettre d'apprécier l'esprit de ladite loi, et leur donner une idée de la manière relativement simple dont les brevets seront traités, dans l'avenir, comparée à celle compliquée et coûteuse qui les a régis jusqu'ici.

J. A. Berly.

UNE NOUVELLE EXPÉRIENCE

SUR

LES PILES THERMO-ÉLECTRIQUES DE NOE

PAR LE DOCTEUR A. DE WALTENHOFEN

Une pile thermo-électrique quelconque qui a subi pendant quelques minutes un courant provenant d'une autre source, acquiert la propriété, quand on rompt la communication avec cette source, de produire de son côté un courant que nous appellerons *courant de décharge* ou *courant de Peltier* en tant que ce dernier est dû au phénomène de Peltier, tandis que nous désignerons sous le nom de *courant de charge*, le courant employé pour la production du premier.

Pour réaliser cette expérience, il est commode de se servir d'un com-

Digitized by Google

mutateur à bascule qui permet au moyen d'une simple pression de la main de mettre la pile thermo-électrique en communication avec la source d'électricité ou bien avec un galvanomètre spécial à l'étude des courants de Peltier. Les piles hydro-électriques sont celles qui conviennent le mieux pour la production du courant de charge.

Mais si l'on fait subir à une pile thermo-électrique de Noë une série de charges et de décharges dont on augmente graduellement l'intensité, on observe que les intensités des courants de Peltier suivent deux lois bien distinctes selon le sens que l'on fait parcourir aux courants de charge. Dans un cas à des intensités croissantes de courants de charge correspondent des intensités de courants de décharge *toujours* croissantes, et *toujours* dans le même sens: le sens contraire à celui du courant de charge. Dans l'autre cas, l'intensité des courants de charge croissant constamment, les intensités des courants de décharge croissent d'abord d'une façon continue, atteignent un maximum, décroissent graduellement jusqu'à zéro, et recommencent à croître en valeur absolue, tout en changeant de signe; c'est-à-dire que le sens des courants de décharge, étant l'opposé de ce qu'il était avant que l'intensité passe par zéro, devient le même que celui du courant de charge.

Le premier cas s'observe en donnant aux courants de charge le sens convenable pour qu'il se dirige à travers les soudures adjacentes aux

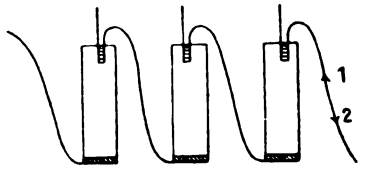


Fig. 1. — Diagramme de la pile.

tiges échauffantes (soudures *impaires*) en passant du métal positif au métal négatif. Nous conviendrons de considérer comme *négatif* le sens de ce courant. Le second cas se présente au contraire avec des courants de charge *positifs*, c'est-à-dire qui se dirigent à travers les soudures sus-nommées en passant du métal négatif au métal positif.

La figure 1 fera bien comprendre ce que nous appelons courants positifs et négatifs. Le sens d'un courant positif est indiqué par la flèche 1, celui du courant négatif par la flèche 2.

La figure 2 donne la courbe de l'intensité des courants de décharge dans une pile thermo-électrique de Noë. Si l'on porte en abscisses les intensités de charge, et en ordonnées celles de décharge, on obtient

Digitized by Google

avec des courants de charge positifs une courbe OB qui tourne sa concavité vers l'axe des abscisses et avec des courants de charge négatifs une courbe convexe OA. La première courbe coupe l'axe des abscisses en C si l'on s'est servi de courants de charge d'une intensité suffisante.

Dans mes expériences sur une pile étoilée de Noë de 20 éléments, j'ai employé des courants de charge de 1,6 à 7,7 ampères, dans le sens positif, puis dans le sens négatif. Dans le premier cas, j'ai obtenu des courants de décharge négatifs jusqu'à 6 ampères environ, et à partir de 7 ampères environ, des courants de décharge positifs; ainsi donc le passage des courants de décharge négatifs à ceux de sens opposé

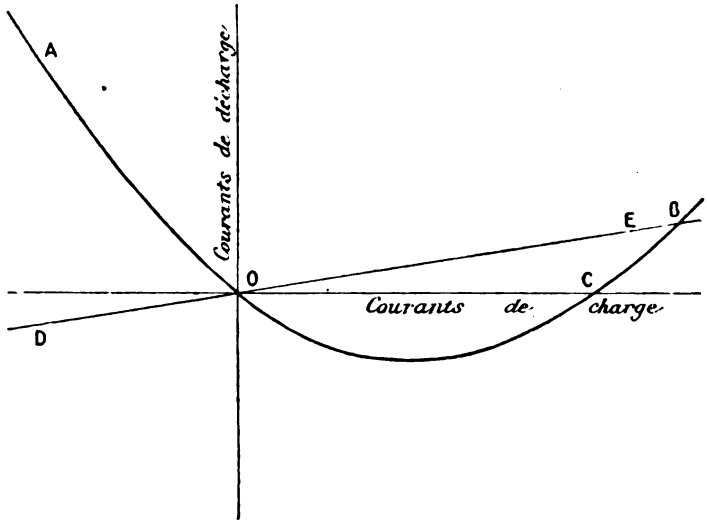


Fig. 2. — Courbe des intensités du courant de charge et de décharge.

avait lieu pour des courants de charge OC (fig. 2) compris entre 6 et 7 ampères. Les courants de décharge négatifs ont atteint leur maximum en valeur absolue, pour un courant de charge de 3 ampères; la f. e. m. correspondante à ce maximum d'intensité du courant de décharge était de 0,039 volt. Dans le second cas, au contraire, avec des courants de charge négatifs, les courants de charge sont restés positifs. Le courant de décharge, correspondant à un courant de charge de 7 ampères, avait une f. e. m. de 1,39 volt.

Si l'on appelle I_d l'intensité du courant de décharge et I_c celle du courant de charge (en ne tenant pas compte du signe), la première peut être déterminée par des équations de la forme:

Digitized by Google

$$I_d = + \alpha I_c + \beta I^2,$$
$$I_d = - \alpha I_c + \beta I^2$$

dans lesquelles α et β sont des coefficients dont je dirai plus tard la signification.

Ces phénomènes ne se produisent qu'avec des piles thermo-électriques d'une certaine construction et non avec toutes les piles de cet ordre, car ils trouvent leur cause dans une alternance de soudures ne jouissant pas, comme dans les piles à bismuth et à antimoine, de propriétés *égales* au point de vue de la résistance, mais au contraire de propriétés différentes de manière à offrir des résistances *inégales* (plus grandes, puis plus faibles) au passage du courant de charge. Tel est le cas que présentent les piles de Noë. Il suffit de réfléchir à la construction de ces dernières pour s'apercevoir de suite que, dans ces piles, les soudures impaires et paires ne peuvent pas présenter des résistances égales, et il est facile de concevoir que la résistance au haut de la pile figure 1 où le fil d'argentan se trouve près de la tige échauffante, est plus grande qu'au bas où le fil d'argentan d'un élément est en communication avec l'épanouissement à large surface de l'élément voisin.

C'est cette observation qui m'a conduit à chercher l'influence de cette différence de résistance sur la loi des courants de décharge, loi qui se bornait à la formule indiquée par G. de Quintus Icilius pour les piles bismuth-antimoine, savoir :

$$I_d = \pm \alpha I_c$$

et représentée figure 2 par la droite DE.

Dans mon traité *Ueber den* PELTIER' *schen Versuch*, j'ai développé les calculs qui m'ont conduit à ne considérer cette loi de décharge que comme un cas particulier d'une loi générale :

$$I_d = \pm \alpha I_c + \beta I_c^2$$

dans laquelle β est un coefficient proportionnel à la différence $f_1 - f_2$ des résistances d'une soudure paire et impaire, différence qui s'annule pour les piles bismuth-antimoine, vu que $f_1 = f_2$. La loi générale concorde donc avec les observations de Quintus Icilius. Dans la pile de Noë, f_1 étant plus grand que f_2, cette différence n'est pas nulle et dans le cas de courants de charge positifs, elle indique le renversement du courant de Peltier.

(*Zeitschrift der elektrotechnischen Vereines in Wien.*)

Digitized by Google

APPAREILS MAGNÉTIQUES DE M. MASCART

APPAREILS A LECTURE DIRECTE (*suite* [1]).

Bifilaire. — Le bifilaire (fig. 7) est destiné à mesurer les varia-

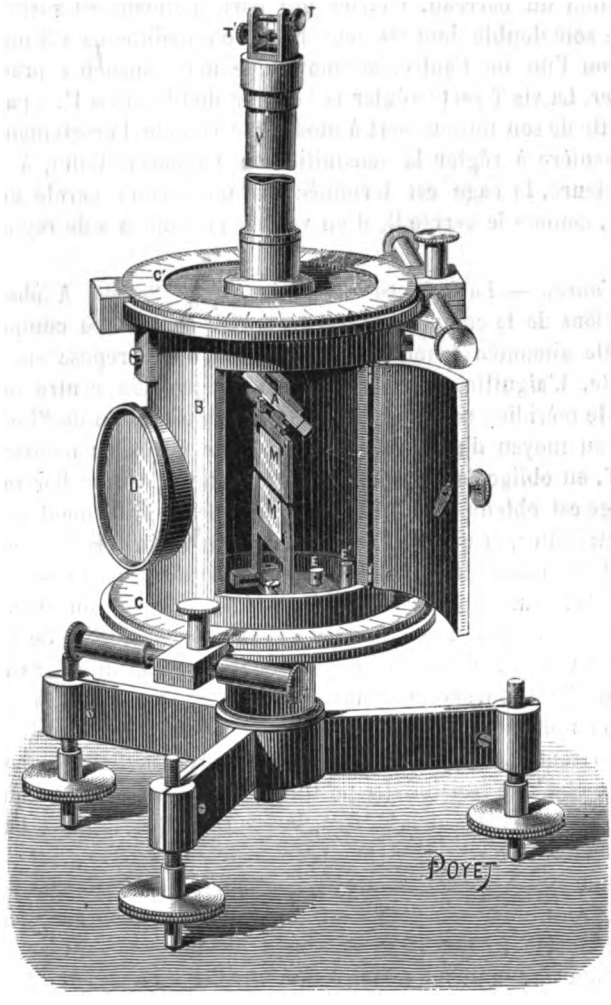


Fig. 7. — Bifilaire.

tions de la composante horizontale de l'action de la terre. La forme

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er novembre, n° 62, p. 416.

Digitized by Google

extérieure de cet appareil est à peu près la même que celle du déclinomètre. Il est également muni d'un miroir mobile, et d'un miroir fixe dont on règle à volonté la position au moyen de deux vis E et E'. Une échelle divisée et une lunette à réticule complètent cet instrument.

La principale différence consiste dans le mode de suspension et la direction du barreau. L'étrier qui porte l'aimant est suspendu à un fil de soie double dont les deux brins sont maintenus à 5 millimètres environ l'un de l'autre, au moyen de deux encoches pratiquées à l'étrier. La vis T sert à régler la hauteur du fil ; la vis T', à pas opposés à partir de son milieu, sert à modifier à volonté l'écartement des fils de manière à régler la sensibilité de l'appareil. Enfin, à sa partie supérieure, la cage est terminée par un second cercle gradué C', muni, comme le cercle C, d'un vernier et d'une vis de réglage.

Balance. — La balance magnétique (fig. 8) sert à observer les variations de la composante verticale. Cet appareil se compose d'une aiguille aimantée A munie d'un couteau C qui repose sur un plan d'agate. L'aiguille, librement suspendue par son centre de gravité dans le méridien magnétique, prendrait la direction de l'inclinaison, mais au moyen d'un poids, constitué par un écrou mobile sur une tige T, on oblige l'aimant à se tenir dans une position horizontale. Le réglage est obtenu à l'aide d'un index I serré faiblement par une de ses extrémités, et que l'on peut diriger à la main vers l'un ou l'autre pôle de l'aimant, de façon à achever de l'équilibrer. Un second écrou T', mobile sur une tige verticale, permet d'élever ou d'abaisser le centre de gravité, et par suite de régler la sensibilité de l'aiguille, qui peut être soulevée à volonté comme un fléau de balance, au moyen d'une fourchette commandée par une vis V. Comme les deux appareils précédents, la balance est munie de deux miroirs disposés ici horizontalement, l'un M mobile, l'autre M' fixe, d'une échelle divisée et d'une lunette. La position du miroir fixe est commandée par des vis placées derrière le barreau, et qui le font basculer à volonté, dans une direction quelconque. Le barreau est renfermé dans une petite cage dont la paroi supérieure est percée, au-dessus des miroirs, d'une ouverture sur laquelle est monté un prisme rectangle-isocèle P, dont une des faces est un peu convexe, en sorte qu'il équivaut en même temps à une lentille convergente de 1 mètre environ de longueur focale. Une seconde ouverture O est destinée à recevoir un thermomètre. Pour que les faces du prisme soient à l'abri de la poussière et de l'humidité, on recouvre en outre tout l'appareil d'une cage en verre, sans fond, dont la face antérieure est percée, en

Digitized by Google

avant du prisme, d'une ouverture circulaire de 5 à 6 centimètres de diamètre, afin de permettre la lecture de l'échelle.

Si les variations de la température sont comprises dans les limites

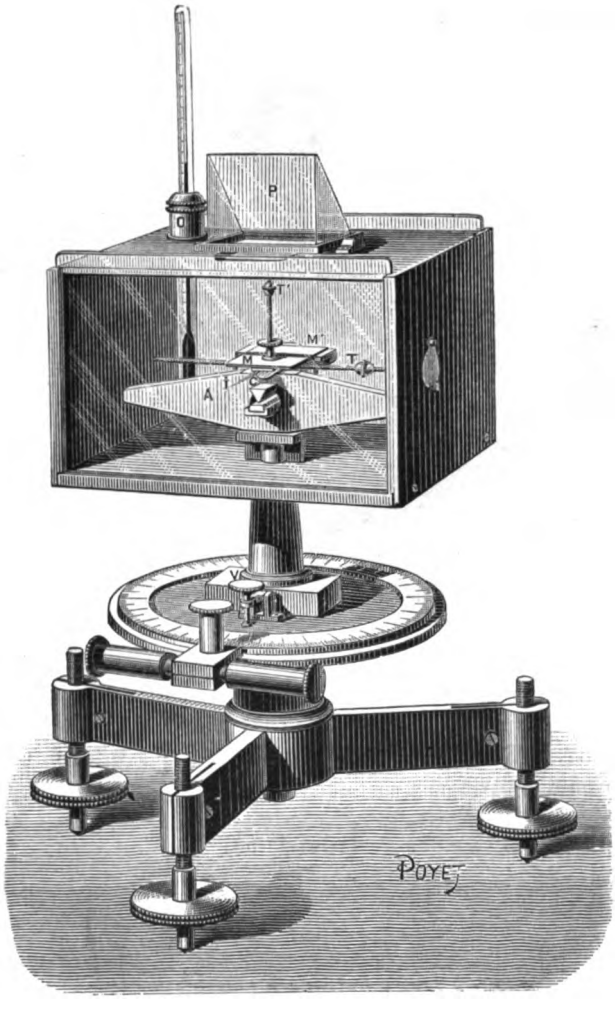


Fig. 8. — Balance magnétique.

que nous avons indiquées, on pourra se borner à lire, à chaque observation, un thermomètre librement suspendu dans la cave à quelque distance du mur.

Digitized by Google

Règle de comparaison. — La règle de comparaison (fig. 9) est destinée à graduer le bifilaire et la balance, c'est-à-dire à mesurer à quelle fraction des deux composantes correspond une division de chaque échelle. Cette règle D, divisée en millimètres, est montée sur un pied en cuivre ; un chariot R, mobile sur la règle, porte un cercle

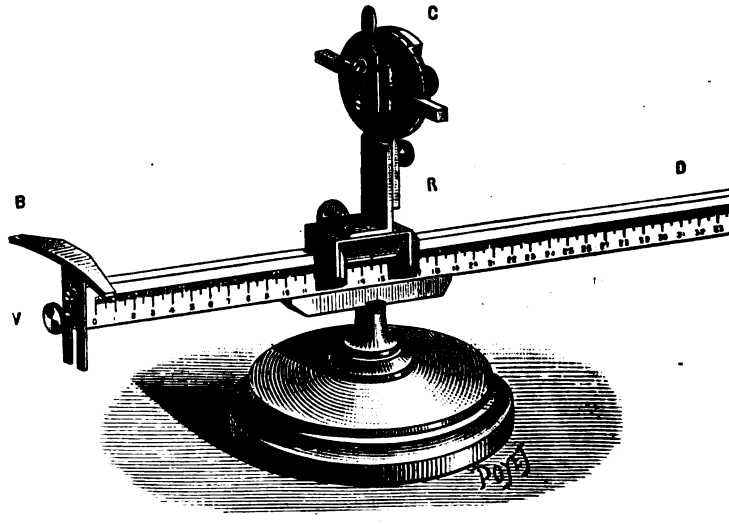


Fig. 9. — Règle de comparaison.

vertical C perpendiculaire à la direction de la règle et disposé pour recevoir un aimant déviant. Le cercle est mobile autour de son axe dans un plan vertical. L'une des extrémités de la règle se termine par un butoir B, qui peut s'élever ou s'abaisser à volonté, et se fixer au moyen d'une vis V.

INSTALLATION

Les pieds de tous les appareils reposent sur des crapaudines.

Déclinomètre. — Pour mettre cet appareil en position, on le place sur le pilier P (fig. 1), au point D, à 45 ou 50 centimètres du bord antérieur du pilier, la lentille tournée vers la lunette L, qu'on disposera sur le pilier P''' au point indiqué sur le plan. On aura soin de laisser à l'arrière de l'appareil un espace disponible de 30 ou 35 centimètres. nécessaire pour la graduation. On enlève le treuil pour y fixer l'une des extrémités du fil de suspension; l'autre extrémité doit être terminée par une boucle destinée à recevoir le crochet de l'étrier. Pour

Digitized by Google

faciliter la descente du fil dans le tube métallique, on suspend provisoirement à la boucle un léger poids, par exemple une épingle recourbée en S, puis on remet le treuil en place. La longueur du fil est telle que son extrémité inférieure puisse au besoin être amenée jusque vers la porte de la cage, afin que l'étrier puisse être accroché facilement.

D'après la disposition adoptée dans le plan (fig. 1) pour le déclinomètre, il faut faire usage de l'étrier n° 2. Après avoir déroulé le fil jusqu'à amener la boucle vers la porte de la cage, on présente l'étrier, que l'on suspend par le crochet, puis, à l'aide du treuil, on remonte le fil jusqu'à ce que le miroir mobile soit à peu près à la position qu'il doit occuper, c'est-à-dire que sa base soit à 1 ou 2 millimètres du miroir fixe. Avant de mettre l'aimant en position, on commence par annuler la torsion du fil; pour cela, on introduit le barreau de cuivre dans l'étrier à l'aide de la pince spéciale qui accompagne chaque jeu de barreaux, et le système étant ainsi abandonné à lui-même, on laisse le fil se détordre; cette opération importante est quelquefois assez longue. Lorsque le barreau de cuivre s'est mis en équilibre il arrive généralement que la face du miroir mobile ne se trouve pas du côté de la lunette, on l'y amène peu à peu en tournant à la main le cercle supérieur C′, qui entraîne le fil dans son mouvement de rotation. Au bout de quelque temps, le miroir arrive à se placer dans la position voulue; on retire alors avec précaution le barreau de cuivre et on le remplace par le barreau aimanté, en ayant bien soin de maintenir l'étrier pendant cette substitution, afin d'éviter qu'il ne tourne sur lui-même. L'aimant étant mis en place, on règle la longueur du fil de façon que les deux miroirs soient à 1 millimètre environ l'un de l'autre. Le barreau aimanté, abandonné à lui-même, se place nécessairement dans le méridien magnétique actuel; lorsqu'il est à peu près au repos, on fait tourner légèrement, s'il y a lieu, la cage de l'instrument jusqu'à ce que le miroir fixe soit amené dans un plan parallèle au miroir mobile. En agissant ensuite convenablement sur les vis calantes, on amène les deux miroirs dans le même plan vertical.

L'appareil est alors *à peu près* en position; avant de procéder au réglage définitif, il est nécessaire maintenant d'installer la lunette et l'échelle divisée.

La lunette est placée en L sur le pilier P‴, et l'échelle en E sur le pilier P qui supporte le déclinomètre. Pour que l'image de l'échelle, après s'être réfléchie sur les miroirs, soit renvoyée dans la lunette, il faudra, à première vue, que les tourillons de la lunette soient un peu plus haut, et la règle divisée un peu plus bas que la ligne horizontale

Digitized by Google

passant entre les deux miroirs. Pour faciliter cette disposition, il sera bon, afin de régler approximativement la hauteur des différentes pièces, de préparer à l'avance quelques tablettes en pierre dure, ou mieux en marbre poli, de 15 à 18 centimètres de côté, et de 12 à 13 millimètres d'épaisseur. La hauteur relative des trois appareils (lunette, déclinomètre, échelle) étant ainsi obtenue approximativement, il faut ensuite disposer la lunette pour que son axe soit perpendiculaire au plan des miroirs; pour cela, on commence par retirer, pour un instant, l'oculaire et l'objectif, et on dirige le tube de la lunette sur le déclinomètre. On déplace latéralement le trépied qui la supporte jusqu'à ce que les cadres des miroirs soient vus symétriquement à travers la lentille, qui doit elle-même paraître un cercle régulier dont le centre se confond avec celui du tube; on rétablit l'objectif et l'oculaire, et on règle la lunette sur l'infini. L'échelle est alors mise en place en E, sur le bord du pilier, à 45 ou 50 centimètres du centre du déclinomètre. On la dispose de façon que son milieu soit dans le plan vertical qui joint la lunette au déclinomètre, puis on règle la hauteur de l'échelle au moyen de la vis V (fig. 6). Après avoir placé une source lumineuse, par exemple une bougie allumée, à quelques centimètres en avant et à la hauteur de l'échelle, on met l'œil à l'oculaire de la lunette. Si l'on a suivi toutes les indications précédentes, on verra probablement l'image mobile et peut être l'image fixe dans le champ de la lunette. Si l'on n'y arrive pas du premier coup, la position est en tous cas très approchée, et en donnant de petits mouvements à la lunette, verticalement ou horizontalement, on arrive bientôt à voir une image des divisions de l'échelle dans la lunette. Si cette image n'est pas au point, c'est que l'échelle est trop près ou trop loin; on la déplace en conséquence.

On se préoccupera uniquement de l'image mobile; comme il n'est pas possible de modifier la position du miroir correspondant, qui est commandé par le barreau, c'est en déplaçant la lunette par tâtonnements qu'on arrivera à régler l'appareil. Il faut que cette image vienne se former dans le demi-cercle inférieur du champ de la lunette; on peut au besoin déplacer latéralement l'échelle pour que la division médiane vienne passer derrière le réticule. L'image fixe doit venir se former dans le demi-cercle supérieur du champ de la lunette; généralement elle n'apparaît pas d'abord, mais on n'a qu'à déplacer légèrement le miroir fixe, au moyen des vis E et E' (fig. 2), qui permettent de petits mouvements dans tous les sens. A l'aide de la vis de réglage adaptée au cercle inférieur, on tourne lentement la cage de l'appareil jusqu'à ce que la division médiane de l'échelle (20) se forme sur le fil du réticule. Lorsque les deux images sont au point,

Digitized by Google

elles se présentent comme l'indique la figure 10, où le dixième de division se lit avec la plus grande facilité.

Les trois appareils se trouvant alors définitivement placés, on colle à l'arcanson[1] les crapaudines sur lesquelles ils reposent.

Si l'échelle était plane, les divisions latérales observées pendant une déviation du miroir ne seraient pas au point dans la lunette; c'est pour parer à cet inconvénient que l'échelle est fixée seulement en son milieu et peut être courbée par les vis V et V′ (fig. 5). Pour obtenir cette courbure, on produit une déviation artificielle du miroir mobile au moyen d'un aimant déviant, de manière à amener sur le

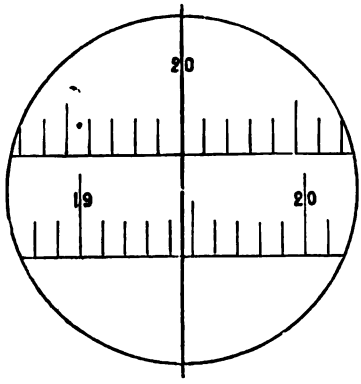


Fig. 10. — Images de l'échelle vues dans le champ de la lunette.

réticule une des divisions extrêmes, et on courbe l'échelle pour rétablir la netteté de l'image. On fait la même opération de l'autre côté; l'échelle prend alors la forme d'une courbe qui diffère très peu d'un arc de cercle, et toutes les divisions sont au point. L'appareil est prêt pour l'observation.

Dans la disposition adoptée d'après ce plan, la déclinaison diminue lorsque les chiffres des lectures augmentent.

Bifilaire. — Le bifilaire sera placé sur le pilier P″, opposé au pilier du déclinomètre. La graduation s'effectuant ici sur le côté, il n'est pas nécessaire de réserver de l'espace à l'arrière du pilier; on reculera l'appareil assez pour laisser un intervalle de 45 à 50 centimètres entre la boussole et l'échelle. Nous ne répéterons pas ici tout ce qui, dans l'installation, est commun au déclinomètre. La lunette

[1] L'arcanson est un mélange de cire jaune (1 partie) et de colophane (4 parties environ), qui fond facilement et que l'on coule à chaud. Cette matière une fois refroidie, tient très solidement.

Digitized by Google

sera placée en L″, sur le pilier P‴, et l'échelle en E″, sur le pilier P″. On amènera, par la méthode déjà indiquée, l'axe de la lunette à être perpendiculaire à la lentille du bifilaire. La hauteur relative de chacun des trois appareils (boussole, échelle, lunette) devra, d'après ce qui a été dit précédemment, être telle que les rayons lumineux partis de l'échelle, après s'être réfléchis sur les miroirs, soient renvoyés dans la lunette. On commencera par prendre un fil de cocon de 60 centimètres environ de longueur, que l'on suspendra, après l'avoir lesté à sa base, de manière à annuler la torsion du fil. On réunira alors par un nœud ses deux extrémités que l'on fixera au treuil T; sa longueur devra être suffisante pour que l'on puisse facilement mettre l'étrier en place. Ici on fera usage de l'étrier n° 1; cet étrier se termine en haut par deux encoches dans lesquelles on place les deux fils, qui s'enroulent, à leur partie supérieure, sur le treuil T; on a soin que ces deux fils se trouvent de part et d'autre du point d'arrêt de la vis à pas opposés T′, qui permet à volonté de les écarter ou de les rapprocher ensemble.

Pendant ces opérations, le fil a pu subir une certaine torsion. Pour le détordre définitivement, on place le barreau de cuivre dans l'étrier, et on tourne le cercle supérieur (et par suite le treuil) jusqu'à ce que le miroir mobile soit perpendiculaire au miroir fixe, c'est-à-dire que le barreau de cuivre se mette en équilibre à peu près dans le méridien magnétique. On substitue ensuite l'aimant au barreau de cuivre, *en ayant soin d'éviter toute rotation de l'étrier*; son axe est alors parallèle au méridien magnétique, et le bifilaire est sans torsion.

Par un mouvement de rotation de l'appareil, on amène provisoirement le miroir fixe à être parallèle au miroir mobile, c'est-à-dire à se placer aussi dans le méridien magnétique; en tournant alors la cage de 90° exactement, le miroir fixe se trouve dans le plan perpendiculaire : il ne s'agit plus que d'amener le miroir mobile dans ce plan. Pour cela, on tourne le cercle supérieur dans un sens ou dans l'autre jusqu'à ce que ce résultat soit obtenu, c'est-à-dire jusqu'à ce que l'aimant se mette en équilibre dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique. L'échelle a d'ailleurs été disposée de telle sorte que son milieu se trouve sur la ligne qui passerait par l'axe de la lunette. Dans cet état, les appareils sont à peu près en position; en opérant soit sur les vis de réglage, comme il a été dit au déclinomètre, soit sur le treuil, soit enfin en déplaçant verticalement ou horizontalement l'échelle ou la lunette, on arrivera rapidement à amener les deux miroirs à 1 millimètre l'un de l'autre, sur le même plan vertical, perpendiculaire à l'axe de la lunette. Lorsqu'on aura obtenu que les deux images se présentent dans le champ de la lunette comme

Digitized by Google

elles sont indiquées figure 10, on fixera à l'arcanson les crapaudines et les tablettes s'il y a lieu.

Si l'on a tourné le cercle supérieur de droite à gauche, de manière que le pôle Nord de l'aimant se trouve à l'Ouest, la composante horizontale augmente avec les lectures; si le pôle Nord est à l'Est, au contraire, la composante horizontale diminue lorsque les nombres augmentent.

Balance. — On placera la balance V sur le pilier P′, dans une position telle que son centre soit à 45 ou 50 centimètres du bord antérieur du pilier; en l'éloignant davantage en arrière, il ne resterait plus sur cette partie du pilier la place nécessaire pour la graduation. L'échelle sera disposée en E′ sur le même pilier, et la lunette en L′ sur le pilier P‴. On remarquera qu'ici le rayon visuel est dirigé sur le prisme, lequel est plus élevé au-dessus du cercle que les lentilles des deux appareils précédents; c'est pour cela que le pilier P′ est un peu moins élevé que les autres. On pourrait au besoin se servir de tablettes analogues à celles dont il a été question déjà, de telle sorte que la lunette soit un peu plus haute et l'échelle un peu plus basse que la ligne horizontale passant par le milieu du prisme. La balance sera dirigée de façon que le barreau soit sensiblement dans le méridien magnétique, la lunette étant placée dans le plan perpendiculaire, et le milieu de l'échelle dans le plan vertical qui passe par le milieu du prisme et par l'axe de la lunette. Le cercle de l'appareil étant amené dans un plan horizontal à l'aide des vis calantes, et au besoin avec un niveau auxiliaire, on déplace légèrement la lunette ou l'échelle jusqu'à ce que l'image produite par le miroir mobile vienne se former dans la moitié inférieure du champ de la lunette, et en agissant sur l'index I, on fait en sorte que la division médiane forme son image à peu près sur le réticule de la lunette. A l'aide des vis fixées à la monture du miroir fixe, on fait basculer ce miroir jusqu'à amener l'image fixe de l'échelle dans la moitié supérieure du champ de la lunette. On règle définitivement sa position avec la vis de réglage fixée au cercle de l'appareil, et on amène la division médiane (20) de l'échelle exactement derrière le réticule de la lunette. On fixe alors les différentes pièces à l'arcanson. Les images doivent être vues comme on l'a indiqué (fig. 10).

D'après la disposition du plan, la composante verticale augmente lorsque les lectures diminuent, et réciproquement.

Au lieu de prendre à chaque observation la température du bifilaire et de la balance, on peut, en maintenant les soupiraux fermés, ou en prenant les précautions dont il a été parlé, se borner à lire un ther-

Digitized by Google

momètre suspendu à quelques centimètres en avant du mur de la cave. Les variations pour une même journée ne doivent pas, dans ce cas, dépasser quelques dixièmes de degré.

Enfin, le registre-minute des observations est disposé sur une table T (fig. 1), placée dans un angle de la cave.

Les trois appareils sont ainsi réglés définitivement, et l'on pourrait commencer les observations; mais auparavant, il convient de régler la sensibilité du bifilaire et de la balance, et de graduer les trois appareils.

On vérifiera fréquemment, surtout dans les premiers temps, l'état des fils, afin de s'assurer s'ils ne s'allongent pas, ou si le treuil ne les laisse pas se dérouler, auxquels cas le miroir fixe finirait par appuyer sur le miroir mobile. Pour la balance, il est important de ne pas toucher au prisme, dont le moindre déplacement est considérablement amplifié dans la lunette; ce prisme sera suffisamment protégé par la cage en verre qui recouvre tout l'appareil.

Sensibilité du bifilaire et de la balance. — Nous avons vu que la sensibilité du bifilaire est réglée par l'écartement des fils sur la vis à pas opposés T′ (fig. 7); celle de la balance est obtenue en déplaçant verticalement le centre de gravité de l'aiguille, au moyen de l'écrou T′ (fig. 8). On règle cette sensibilité au moyen d'un aimant déviant placé dans une position spéciale. Cette expérience pouvant être faite en même temps que la première graduation, nous y reviendrons dans un prochain article, en faisant connaître la méthode employée pour déterminer la valeur d'une division de chacune des échelles. (*A suivre.*)

ESSAI D'APPLICATION

DE L'ÉLECTROLYSE A LA MÉTALLURGIE

PAR MM. CL. BLAST ET E. MIEST

(3e ARTICLE[1])

PROCÉDÉ BLAS ET MIEST.

Force motrice. — Nous allons calculer la force motrice nécessaire pour le traitement de quelques minerais simples, selon notre méthode :

[1] Voy. l'*Électricien*, nos 51 et 52 (t. V).

Digitized by Google

A. *Galène.* — Ainsi que nous l'avons vu, voici ce qui se passe :

Sous l'action du courant, le nitrate de plomb est décomposé en plomb qui se porte sur la cathode, et en acide nitrique qui se porte sur l'anode de galène, attaque celle-ci, régénère l'azotate de plomb, en laissant un dépôt de soufre sur l'anode.

C'est ce qu'expriment les équations suivantes :

a. $Pb(NO_3)_2 +$ courant galvanique $= Pb + (NO_3)_2$;
Travail absorbé : 67 970 calories;
b. $PbS + (NO_3)_2 = Pb(NO_3)_2 + S$;
Travail régénéré : (67 970 — 19 112) calories;
(La chaleur de formation de PbS étant 19 112 calories).

Le résultat final est donc celui-ci :
$PbS + Pb(NO_3)_2 +$ courant galvanique $= Pb + Pb(NO_3)_2 + S -$ 19 112 calories.

Donc, l'action une fois commencée, le seul travail à fournir par le courant électrique est celui de la décomposition de la galène en plomb d'une part et soufre d'autre part, travail égal à 19 112 calories par molécule (207^k), ou 92 c. par kil. de plomb (sans tenir compte de la cristallisation).

Exprimé en chevaux-vapeur, et rapporté au kil. de plomb, le poids atomique de celui-ci étant 207, ce travail est :

$$\frac{19\,112 \text{ cal.} \times 424}{75 \times 60 \times 60 \times 207} = 0 \text{ ch. } 15.$$

En admettant, comme précédemment, que le rendement de la machine électrique soit de 50 pour 100, et que les 0,85 du travail moteur soient transformés en électricité, le travail à fournir par la machine motrice sera :

$$\frac{0{,}15}{0{,}50 \times 0{,}85} = 0. \text{ ch. } 355.$$

Et en supposant que les pertes d'électricité, les résistances nuisibles, etc., prennent encore 0,25 de ce travail, la machine motrice exigera :

$$\frac{0{,}355}{0{,}75} = 0{,}477 \text{ soit } 0. \text{ ch. } 50 = 1 \text{ kil. charbon.}$$

par kil. de plomb précipité à l'heure; le rendement de la machine étant donc supposé de 30 pour 100, comme tantôt.

B. *Blende.* — Nous trouverions de même que, sous l'action du

Digitized by Google

courant, le sulfate de zinc se décompose en zinc métallique qui se porte sur la cathode, et en acide sulfurique qui attaque la blende de l'anode, la dissout avec formation de sulfate de zinc et dépôt de soufre, comme c'est exprimé par les équations :

a. $ZnSO_4 + c^t$ galvanique $= Zn + SO_4$; travail absorbé : 106 090 calories.

b. $ZnS + SO_4 = ZnSO_4 + S$; travail produit : (106 090 — 41 880) calories.

La chaleur de formation de ZnS étant 41 880 calories, le travail chimique de l'électricité est donc de 41 880 calories par molécule, ou de 637 calories par kilo de zinc (poids atom. = 65,5), ce qui correspond, par kilogramme de zinc précipité à l'heure, le rendement étant toujours 30 pour 100, à :

$$\frac{41\,880 \times 424}{65{,}5 \times 75 \times 60 \times 60} \times \frac{100}{30} = 3{,}50 \text{ chevaux-vapeur.}$$

Remarquons en passant que dans le procédé Lambotte la force correspondante est de 9 chevaux, et 8,50 dans celui de M. Létrange.

La différence est sensible.

C. *Pyrite de cuivre.* — Nous trouverions de même pour la décomposition de CuS dans les mêmes conditions (287 calories par kilo) un travail de :

$$\frac{18\,266 \text{ cal} \times 424}{63{,}5 \times 75 \times 60 \times 60} \times \frac{100}{30} = 1{,}50 \text{ ch. vap.}$$

En résumé, dans notre procédé, d'après ces calculs, il faut pour obtenir à l'heure :

1 kilogr. de plomb,	une machine motrice de	0,50	ch. utile	= 1	kilogr. de charbon.
1 kilogr. de cuivre,	—	1,50	—	= 3	—
1 kilogr. de zinc,	—	3,50	—	= 7	—

Les chiffres de calories que nous donnons ici s'appliquent aux *sulfures précipités*. Ils seraient probablement un peu supérieurs pour les sulfures cristallisés.

Frais d'installation et de traitement. — On conçoit que les frais d'installation seront très variables suivant les minerais à traiter, et suivant que l'on disposera d'une force hydraulique ou que l'on devra employer des moteurs à vapeur. Il en sera de même des frais de traitement.

Nous allons indiquer quel pourrait être le coût du procédé par

Digitized by Google

tonne, dans quelques cas spéciaux; nous aurons en même temps à dire un mot de l'action des gangues solubles, principalement du fer.

Galène riche. — Une usine belge traitait, il y a quelques années, une galène rendant 80 pour 100 de plomb dans les essais au creuset de fer, à gangue siliceuse avec un peu de pyrites. La fusion se faisait au réverbère avec formation de crasses blanches riches, traitées au four à cuve en même temps que les oxydes retirés des canaux et chambres de condensation.

Les frais ramenés à la tonne de minerai, étaient les suivants :

	RÉVERBÈRE.	HAUT-FOURNEAU.
	Traitement d'une tonne.	Fusion de 470 kil. crasses blanches et 80 kil. oxydes.
Main-d'œuvre	5,86	4,10
Charbon	5,96	4,52
Divers	0,87	3,51
Totaux fr.	12,69	12,13

	Frais totaux par tonne de minerais.
Main d'œuvre	5,86 + 4,10 = 9,96
Charbon	5,96 + 4,52 = 10,48
Divers	0,87 + 3,51 = 4,38
Total fr.	24,82

Plomb produit, 752 kil.

Rendement, 94 pour 100. Écart, 4,8 unités.

Prix du charbon rendu à l'usine, 11 fr. 92 la tonne.

Voyons quels seraient les frais pour notre procédé dans les mêmes conditions.

Pour précipiter 800 kil. de plomb, par vingt-quatre heures, il faudra une machine de :

$$\frac{800 \times 0{,}50}{24} = 16 \text{ ch. } 66,$$

soit pour traiter 3 tonnes de minerai par vingt-quatre heures[1] :

$$16{,}66 \times 3 = 50 \text{ chevaux.}$$

D'où une consommation de charbon de :

$$50 \times 2 \times 24 = 2400 \text{ kil., ou } 800 \text{ kil. par tonne,}$$

plus 150 kil. pour le chauffage des moules.

4 journées de chauffeurs et machinistes, soit 5 francs par tonne.

[1] C'est la quantité passée par jour au four à réverbère.

Digitized by Google

Broyage, moulage des plaques, service des cuves, enlèvement des résidus, 5 francs par tonne. (Ce chiffre est probablement trop élevé.)

En résumé, les frais seraient :

950 kilogrammes de charbon à 11 fr. 92 c.	11,23
Main d'œuvre et divers	10,00
Total. . . . . fr.	21,23

D'où une économie sur les frais actuels de fr. 3,59 par tonne de minerai, soit 14 pour 100. Et nous nous sommes placés dans de très mauvaises conditions : les frais de chauffeurs et de machinistes seraient les mêmes pour une production double ou triple.

Dans le cas d'un moteur hydraulique, ces frais deviendraient par tonne de minerai :

Charbon pour le chauffage des moules : 150 kilogrammes à 11 fr. 92 cent.	1,79
Deux journées de machinistes à 4 francs par 3 tonnes, par tonne..	2,70
Service des cuves, etc.	5,00
Total. . . . . fr.	9,49

A ces avantages viennent s'ajouter :

1° Le plomb retiré en plus que dans le système actuel, et qu'on peut évaluer au moins à 20 kilogrammes par tonne de minerai. Ceci suppose une perte de 3 pour 100. Il est à peu près certain que l'on restera en dessous. Dans le traitement des minerais de cuivre par voie humide, on arrive à obtenir des résidus ne titrant que 0,25 pour 100 de métal.

2° Le soufre, au moins 100 kilogrammes par tonne, estimé à 12 francs les 100 kilogrammes, déduction faite des frais d'extraction. Une galène à 80 pour 100 de plomb titre au moins $\frac{800}{86.6} \times 13,4 = 123$ kilogrammes de soufre. Nous admettons donc une perte de 20 pour 100 et une diminution de 3 francs aux 100 kilogrammes de soufre pour payer le traitement des résidus (70 kilogrammes par tonne de minerai). C'est plus que suffisant.

En résumé, les avantages de notre procédé sur le système actuel se chiffreraient comme suit, par tonne de minerai traité :

	Moteur à vapeur.	Moteur hydraulique.
Économie sur les frais de fusion.. .	3,50	15,33
Valeur du métal rétiré en plus . . .	7,20	7,20 (à 36 fr. les 100 kil.)
Valeur du soufre	12,00	12,00 (à 12 fr. les 100 kil.)
Totaux. . . . . fr.	22,70	34,53
ou par 100 kilogrammes de plomb obtenu. . . fr.	3,07	4,60

L'installation, ainsi qu'il est facile de s'en rendre compte, est tout

Digitized by Google

aussi simple que celle de la fonderie. Nous supprimons les canaux et chambres de condensation; nous ne perdons pas de plomb par volatilisation, ce qui rend le procédé actuel si malsain pour les ouvriers, et expose le fondeur à des réclamations continuelles. Nous n'employons pas de fondants : or, il est des cas, et nous pourrions en citer plusieurs, où l'on doit renoncer à fondre sur place, à cause de l'impossibilité de se procurer des fondants à un prix convenable.

Dans le cas que nous venons d'examiner, l'action des gangues (7 pour 100) ne peut en rien gêner la marche du procédé, et le peu de fer qui se précipitera à l'état d'oxyde sur le plomb se séparera facilement à la refonte.

Blende. — Depuis assez longtemps déjà, le traitement de la blende a pris une place aussi importante dans la production du zinc que celui de la calamine, qui devient de plus en plus rare.

Ce traitement est plus coûteux, à cause du grillage que ce minerai doit subir avant la réduction par le charbon dans les fours liégeois ou silésiens. La perte de métal est aussi généralement plus forte.

Malgré les nombreux perfectionnements apportés dans la construction des fours, la fabrication des produits réfractaires, la marche du travail, etc., cette méthode de réduction présente encore de grands défauts: perte en métal dépassant encore parfois 10 pour 100 et restant rarement en dessous; consommation très grande de produits réfractaires et de combustible, cette dernière dépassant toujours deux fois le poids du minerai; main-d'œuvre difficile, pénible et par conséquent coûteuse; opération intermittente, formation d'oxydes à retraiter donnant un métal plus dur. — De là des frais de réduction très élevés qui atteignent, en Belgique, environ 10 francs par 100 kilogrammes de zinc produit, c'est-à-dire 40 francs par tonne de minerai titrant de 45 à 50 pour 100.

Ajoutons que la méthode n'est applicable aux minerais corrosifs, formant avec la pâte des creusets des silicates fusibles, qu'au prix de grandes pertes en métal. C'est le cas pour les blendes riches en plomb. Enfin, le plomb et l'argent — toutes les blendes en renferment plus ou moins — sont retirés des résidus par lavage ou par grillage et agglomération suivi d'une fonte pour plomb argentifère, avec une perte qui atteint et même dépasse 20 pour 100 de ces deux métaux.

Il n'est donc pas étonnant que les métallurgistes aient cherché à lui substituer d'autres procédés.

Le four à cuve, qui présentait l'avantage de rendre le travail continu, avec une moindre consommation de combustible et une réduction plus complète du minerai, fut essayé en Belgique, il y a déjà nombre

Digitized by Google

d'années, par M. Lesoinne, et puis par M. Muller. Le succès ne couronna pas leurs efforts; et des expériences plus récentes, faites aux États-Unis par M. H. Clerc, ne paraissent pas avoir un sort meilleur. La condensation complète du zinc mélangé à de grandes quantités de gaz, à une température supérieure au point de fusion du métal, présente de grandes difficultés. En outre, il faut transformer complètement l'acide carbonique (qui se produit en plus grande quantité au four à cuve que dans les creusets) en oxyde de carbone par le charbon, pour éviter la réoxydation du métal au moment de sa condensation. Cette transformation exige une très haute température des gaz sortant du four; et c'est surtout ce dernier inconvénient qui paraît être cause des insuccès de M. Müller, inconvénient qui tient au principe même de la réduction par le charbon, ainsi qu'il est facile de s'en convaincre par la comparaison des systèmes de réactions possibles entre ces cinq éléments ZnO, C, Zn, CO, CO_2[1].

L'emploi de l'électricité offrirait sur le procédé au charbon d'incontestables avantages: suppression des produits réfractaires, réduction plus complète du minerai et diminution de la perte de métal par la suppression de la volatilisation, diminution de la main-d'œuvre comme prix et quantité, extraction complète du plomb et de l'argent des résidus.

Tant que l'électricité se produisait au moyen de piles à liquides, tous ces avantages disparaissaient devant le prix de revient trop élevé et les ennuis occasionnés par ce mode de production. Les machines dynamo-électriques, quoique plus avantageuses que les piles, sont cependant encore trop coûteuses dans les procédés électrolytiques, basés uniquement sur la décomposition des sels solubles de zinc, tels que ceux de M. Lambotte-Doucet et de M. Létrange, à cause de l'énorme force motrice exigée.

Le nôtre sera-t-il plus heureux? C'est ce que nous allons voir en calculant la force motrice nécessaire au traitement d'une tonne de minerai rendant 40 pour 100 en vingt-quatre heures.

[1] Voici les systèmes possibles :

a. $2ZnO + C = 2Zn + CO_2$, absorbe : 75 800 calories.
b. $ZnO + CO = Zn + CO_2$, absorbe : 15 400 calories.
c. $CO_2 + Zn = ZnO + CO$, produit : 15 400 calories.
d. $CO_2 + C = 2CO$, absorbe : 45 000 calories.
e. $Zn + CO = ZnO + C$, produit : 53 760 calories.

La comparaison de (*b*) et (*e*) montre que (*b*) existera toujours, puisque la chaleur dégagée par (*e*) est supérieure à celle absorbée par (*b*). La réduction de CO_2 par Zn produit 15 400 calories; la réduction de CO_2 par C en absorbe 45 000; il faut donc que la condensation du zinc se fasse dans un mélange gazeux tel, qu'il absorbe plus de 15 000 calories par molécule de CO_2 y contenue — ceci sans tenir compte des phénomènes de dissociation.

Digitized by Google

D'après ce qui a été dit plus haut, cette force serait :

$$\frac{3{,}50 \times 400}{24} = 60 \text{ chevaux.}$$

La consommation de charbon serait, de ce chef :

$$60 \times 2 \times 24 = 2880 \text{ kil.},$$

soit 3 tonnes, en y comprenant le combustible nécessaire à la fabrication des plaques.

Or, en tenant compte du combustible de grillage et de cuisson des creusets, la consommation actuelle ne descend guère en dessous de 2500 kilogrammes. Comptons seulement 2000; la différence en faveur de la méthode suivie serait de 1000 kilogrammes, soit 12 francs.

Supposons, comme nous l'avons admis pour la galène, que l'on ne traite que 3 tonnes par vingt-quatre heures. Nous aurions, comme frais de traitement d'une tonne :

Combustible, 3 tonnes à 12 francs.		36,00
Machinistes et chauffeur.		5,00
Services des cuves, etc.		5,00
Total	fr.	46,00

Les frais seraient donc plus élevés d'environ 6 fr., dans le cas le plus défavorable, et en comptant le charbon pour chauffage des chaudières au même prix que le charbon gras pour foyers de fours à zinc, ce qui est évidemment trop élevé.

Voici les avantages du procédé : 1° valeur du métal retiré en plus que dans la réduction par le charbon, au moins 20 kilogrammes par tonne, ce qui suppose encore une perte de 8 pour 100; 2° valeur du soufre.

a. Valeur du métal, 20 kilogrammes à 45 francs les 100 kil.. . .		9,00
b. Soufre, au moins 150 kilogrammes à 12 francs les 100 kil., déduction faite des frais d'extraction		18.00
Total	fr.	27,00

Notre procédé coûtera donc, dans le cas le plus défavorable, 46 fr.; mais nous retirons des produits pour 27 fr. la tonne en plus que par le procédé actuel. Économie en faveur du nôtre : 21 fr., soit fr. 5,70 par 100 kilogrammes de zinc retiré.

En outre, en employant comme bain le sulfate de zinc, le plomb et l'argent se retrouveront sans perte dans les résidus.

Les gangues les plus habituelles de la blende sont : la pyrite de fer, le calcaire et le gypse, le quartz et les silicates. De tous ces minéraux, celui dont l'influence est la plus nuisible est la pyrite; les

Digitized by Google

autres étant insolubles restent comme résidus sur l'anode, et sont enlevés au fur et à mesure, comme nous l'avons dit précédemment. Ajoutons que le fer peut également s'y rencontrer à l'état d'oxyde ou de carbonate, et aussi en combinaison avec le sulfure de zinc, constituant les blendes noires.

Sous l'action du courant, le fer se dissout à l'état de sulfate ferreux, lequel se transforme en sulfate ferrique, et donne lieu à la précipitation d'oxyde ferrique sur les électrodes. Comme ce dépôt pourrait gêner l'électrolyse et en tout cas souillerait le métal précipité sur la cathode, on élimine le fer, du moins en très grande partie, de la façon suivante :

Le liquide constituant le bain et renfermant une certaine quantité de sulfate ferreux, est siphonné d'une façon continue dans des cuves renfermant de l'oxyde de zinc (blende grillée ou calamine calcinée), où on le chauffe à une température d'environ 60 degrés. Ceci en dehors de l'action du courant.

La réaction qui se passe est celle-ci :

$$FeSO_4 + ZnO = FeO + ZnSO_4.$$

Le fer est ainsi précipité à l'état d'oxydes ferreux et ferrique, et le sulfate de zinc correspondant, régénéré. On laisse reposer ; on décante le liquide clair, qui peut de nouveau être ramené dans les cuves de précipitation, et remplacer la partie qui en avait été extraite.

Cette opération n'est nécessaire que si la proportion de fer est assez forte. Le surcroît de dépenses exigé de ce chef est, en tout cas, peu important.

Minerais de cuivre. — Voici un minerai dont le traitement par voie sèche ou par précipitation au moyen du fer présenterait assez de difficultés, et ne donnerait qu'un métal impur, à cause de la présence de l'arsenic en forte proportion :

Cuivre	8,82 pour 100.
Soufre	17,20 —
Arsenic	4,25 —

C'est une pyrite quelque peu magnétique, à gangue siliceuse. Notre méthode permettrait d'en retirer du cuivre pur, parce que, en employant le sulfate de cuivre comme bain, tout l'arsenic restera sur l'anode avec le soufre et les gangues.

Le fer qui se dissoudra sous l'action du courant pourra être précipité à l'état d'oxyde sur la cathode, ou bien éliminé, en dehors de l'action du courant, comme nous venons de le voir pour le zinc, en

Digitized by Google

faisant passer la solution sur du minerai chauffé à environ 60 degrés centigrades.

Dans le premier cas, le dépôt à l'anode devra être enlevé continuellement, et un simple lavage ultérieur suffira pour débarrasser le cuivre de l'oxyde de fer.

La force motrice, pour traiter 3 tonnes par vingt-quatre heures, serait de :

$$\frac{88{,}2 \times 1 \text{ ch. } 5 \times 3}{24} = 16 \text{ ch. } 54, \text{ soit } 17 \text{ chevaux.}$$

D'après cela, en traitant 3 tonnes de minerai par vingt-quatre heures, les frais se chiffreraient par tonne comme suit :

Combustible pour moteur 282 kilogrammes à 12 fr. les 1000 kil...	3,38
Combustible pour chauffage de plaques 150 kilogrammes à 12 fr. les 1000 kil.	1,80
Machinistes et chauffeurs.	5,00
Service des cuves..	5,00
Total. . . . . fr.	15,18

La valeur du soufre à retirer compenserait à elle seule les frais de traitement, surtout si l'on dispose d'une force hydraulique suffisante.

De plus, on retire l'arsenic à peu près complètement, et l'on obtient du cuivre pur.

Minerais mixtes. — Une quantité très grande de minerais se présente aujourd'hui dont le lavage entraînerait des pertes énormes, et dont le traitement par le procédé actuel est extrêmement défectueux toujours, impossible dans bien des cas. A cette catégorie appartiennent notamment les blendes plombeuses et argentifères, où la teneur en zinc est relativement faible, et celle en plomb quelque peu élevée. Nous avons dit plus haut deux mots de leur mode de traitement. Inutile d'y revenir.

Pour donner une idée de la manière dont notre procédé peut être appliqué dans chaque cas particulier, nous allons indiquer la méthode à suivre pour extraire les métaux d'un minerai titrant :

Zinc	26,00 pour 100.
Plomb.	21,75
Cuivre.	3,50
Fer.	8,60
Argent	406 grammes à la tonne de minerai.

La gangue est surtout composée de silicates insolubles. Un pareil minerai est trop pauvre en zinc pour être traité par la méthode ordinaire, c'est-à-dire grillage, réduction pour zinc et fusion des résidus pour plomb et argent.

Digitized by Google

En outre, la présence d'une forte proportion de plomb et de gangues siliceuses donnerait lieu à une grande consommation de produits réfractaires et à une perte énorme de métal. D'un autre côté, la fusion directe pour plomb argentifère serait difficile à cause de la blende et du cuivre. On devrait faire passer celui-ci dans des mattes, qui retiennent toujours une certaine quantité de plomb et d'argent, et le zinc serait complètement perdu.

Or, ce minerai renferme, au cours de Londres, des métaux pour 360 francs, et le prix offert est de 125 francs la tonne, c'est-à-dire que l'on paie les deux tiers du plomb et l'argent.

Par notre méthode, nous pourrions précipiter tous les métaux sur la cathode; mais, comme la séparation du zinc entraîne une grande dépense de force motrice, et qu'elle nécessiterait la distillation du mélange des métaux, il est préférable de ne pas le précipiter comme tel, et de le séparer à l'état d'oxyde.

La chose est très possible, à cause de la différence de tension du courant pour précipiter le plomb ou le zinc métallique. Celui-ci pourrait se précipiter à l'état d'oxyde, par l'action seule du courant sur la cathode. Pour les raisons que nous avons indiquées plus haut à propos du fer, nous préférons obtenir la séparation du zinc oxydé en dehors du bain et par le secours seul des affinités chimiques.

Voici la manière de conduire l'opération :

Le bain étant constitué soit par le nitrate de plomb, soit par la dissolution d'une certaine quantité du minerai à traiter, et le courant étant réglé de telle sorte qu'il ne puisse précipiter le zinc métallique, le plomb, le cuivre et l'argent se porteront sur la cathode, tandis que l'acide, attaquant les sulfures de l'anode, régénérera les nitrates de cuivre, argent, plomb, zinc et fer. Le bain s'enrichirait donc en nitrates de ces derniers métaux, de sorte qu'au bout d'un certain temps l'attaque, et, par conséquent, le dépôt de plomb et de cuivre ne s'opéreraient plus que très lentement.

On siphonnera, comme pour la blende, le liquide sur de l'oxyde de zinc, de manière à en éliminer le fer; et lorsque la précipitation du cuivre et du plomb marchera trop doucement, on fera passer la solution riche en zinc, mais pauvre en autres métaux, dans des cuves renfermant des grenailles de zinc. Le plomb, le cuivre et l'argent de la dissolution s'y précipiteront; et l'on aura une solution de nitrate de zinc à calciner, qui donnera de l'oxyde de zinc et l'acide nitrique primitivement employé.

Ou bien, on laissera précipiter le zinc oxydé (23 410 calories) sur la cathode, en enlevant le dépôt mécaniquement d'une façon continue.

Digitized by Google

La séparation électrolytique du cuivre, du plomb et de l'argent n'offre pas de difficultés (voy. le raffinage par le procédé Keith).

En opérant de cette façon, supposant une perte de 10 pour 100 sur les métaux contenus, et évaluant l'oxyde de zinc comme *minerai* et non comme *blanc de zinc*, nous aurons les produits suivants :

300 kilogrammes minerai de zinc à 75 pour 100, valant 270 fr. la tonne	72,00
197 kilogrammes plomb, à 37 francs 50 cent. les 100 kil.	73,12
400 grammes argent, à 18 centimes le gramme	72,00
31 kilogrammes cuivre, à 1 fr. 75 cent.	54,25
Total	271,37

La force motrice serait pour une tonne par vingt-quatre heures :
Pour le plomb :

$$\frac{217 \times 0{,}5}{24} = 4{,}50.$$

Pour le cuivre :

$$\frac{35 \times 1{,}5}{24} = 2{,}20.$$

Total, 6,70, soit 7 chevaux.

D'où les frais suivants, en admettant qu'on ne traite que 3 tonnes par vingt-quatre heures :

Combustible à 12 francs la tonne	1,38
Chauffeurs et machinistes	5,00
Service des cuves, etc.	5,00
Total	11,38

On voit qu'en payant ce minerai 125 francs, le bénéfice serait de 130 francs par tonne de minerai sans compter le soufre.

Les tableaux ci-dessous résument la comparaison des différentes méthodes électrolytiques entre elles, et avec les méthodes actuelles de fusion.

PRODUCTION PAR HEURE DE UN KILOGRAMME DE MÉTAL

	ZINC.			PLOMB.	CUIVRE.
	PROCÉDÉ LAMBOTTE.	PROCÉDÉ LÉTHANGE.	PROCÉDÉ BLAS-MIEST.	PROCÉDÉ BLAS-MIEST.	PROCÉDÉ BLAS-MIEST.
Calories nécessaires	17,25	16,20	637,00	92,00	287,00
Force motrice en chevaux-vapeur	9,00	8,48	3,50	0,50	1,50
Charbon kil.	18,09	17,00	7,00	1,00	3,00

Digitized by Google

TRAITEMENT DES MINERAIS

	FRAIS DE TRAITEMENT.		DIFFÉRENCE.	VALEUR DU MÉTAL OBTENU.		DIFFÉRENCE.	VALEUR DU SOUFRE OBTENU.		AVANTAGES DU PROCÉDÉ BLAST-MIXT.
	PROCÉDÉ ACTUEL.	PROCÉDÉ BLAS-MIXT.		PROCÉDÉ ACTUEL.	PROCÉDÉ BLAS-MIXT.		PROCÉDÉ ACTUEL.	PROCÉDÉ BLAS-MIXT.	
De zinc. . . .	40,00	46,00	— 6,00	156,60	165,60	+ 9,00	0	+ 18,00	21,00
De plomb. . .	24,82	21,23	+ 3,59	270,72	277,92	+ 7,20	0	+ 12,00	22,70

Nous n'avons point cherché à exagérer les avantages de notre procédé. Tous nos calculs sont faits d'après des bases très larges, et nous prenons les machines électriques dans leur état actuel. Elles sont cependant susceptibles de nombreux perfectionnements. En outre, nous supposons, dans notre comparaison avec les procédés de fusion, que la force motrice soit produite par la combustion du charbon, cas le plus général, mais aussi le plus défavorable à la méthode électrolytique.

L'ÉLECTRICITÉ ET LES INCENDIES

La question des incendies paraît vivement préoccuper les esprits en ce moment, s'il faut en croire le nombre considérable de travaux traitant ce sujet, et parus récemment.

Parmi ces travaux, celui présenté par M. Chenevier à la Société industrielle de Mulhouse, et qui se trouve reproduit *in extenso* dans le dernier bulletin, est sans contredit le plus complet fait jusqu'ici, dans cet ordre d'idées.

Sans vouloir analyser ici ce travail volumineux contenant près de 500 pages d'écriture serrée, nous avons pensé qu'il serait intéressant de mettre sous les yeux de nos lecteurs un rapide aperçu du chapitre intitulé les *mesures préventives*, et qui contient de nombreux renseignements sur les paratonnerres et avertisseurs d'incendie.

D'après l'auteur, les recherches touchant la protection contre l'incendie doivent tendre à empêcher le feu d'éclater, à en arrêter la propagation s'il vient à se déclarer, enfin à en opérer l'extinction rapide.

M. Chenevier rappelle, avec le nom de l'inventeur des paratonnerres,

Digitized by Google

Franklin, les inconvénients qui peuvent résulter de l'établissement défectueux de ces appareils.

Pour être efficace, un paratonnerre doit satisfaire aux conditions suivantes :

1° Le diamètre de la tige doit être suffisant pour assurer le facile écoulement du fluide électrique, et pour éviter que, sous l'influence d'un coup de foudre, sa température puisse s'élever jusqu'à celle de la fusion du métal;

2° Son extrémité supérieure doit être terminée en pointe pour empêcher les décharges brusques et faciliter l'écoulement de l'électricité soutirée au sol par le conducteur lui-même;

3° Le conducteur ne doit présenter aucune solution de continuité depuis la tige jusqu'au sol;

4° La communication entre le conducteur et le sol doit être la plus intime possible et présenter une large surface;

5° Enfin, il est indispensable de mettre en communication électrique avec le paratonnerre les pièces métalliques recouvrant un bâtiment.

En 1823, Gay-Lussac publiait son *Instruction sur les paratonnerres* qui, plus tard, en vue de la préservation du Louvre et des Tuileries, fut réimprimée et augmentée par Pouillet. Le rapport présenté à la séance du 20 juillet 1868 de l'Académie des sciences fut adopté.

Le document le plus récent, sur la matière, est l'instruction rédigée par une commission du Conseil municipal de Paris, qu'il est prudent de suivre exactement dans tous les cas d'installation de paratonnerres.

Depuis quelques années on a apporté, dans la construction de la tige, quelques modifications qui augmentent, paraît-il son pouvoir préservateur, tout en en réduisant le poids.

De 120 kilogrammes qu'il était souvent, le poids a pu être réduit, par M. Jarriant, à 20 kilogrammes par tige. A cet effet il construit ces tiges avec 4 cornières formant une pyramide quadrangulaire, traversée dans toute sa longueur par une tige de $0^m,02$ de diamètre, à l'extrémité de laquelle est vissée une baguette en cuivre rouge terminée par un cône de 30 degrés.

M. Chenevier cite, au sujet de cet appareil, l'opinion de M. Francisque Michel, secrétaire de la Commission des paratonnerres, dont l'avis motivé est précédé des considérations techniques que nous résumons rapidement.

Parmi les théories de l'action des tiges métalliques, il en est une qui préconise le grand nombre de pointes hérissant en quelque sorte le toit d'une maison, et non une tige unique.

C'est le système adopté par M. Melsens, le physicien belge bien

Digitized by Google

connu pour la protection de l'Hôtel de ville de Bruxelles. Il a été également appliqué en France à la Maison d'arrêt de Nîmes.

M. F. Michel pense que le nuage orageux agissant comme le conducteur d'une machine électrique, les particules conductrices qui le composent se chargent de l'électricité de l'air environnant, et que sous l'influence de ce grand nombre de pointes, l'équilibre électrique peut se trouver modifié instantanément par suite de décharges latérales.

D'après lui, la théorie rationnelle conduit à établir un conducteur s'élevant à une grande hauteur et offrant une voie facile aux décharges électriques qui peuvent s'effectuer entre les nuées électriques et le réservoir commun.

En Allemagne, les paratonnerres sont terminés par une sphère métallique. En France, l'Académie et la commission de la Ville de Paris, ont prescrit de les terminer en pointe afin d'utiliser les effets préventifs lorsque ceux-ci, non contrariés par le vent, ont le temps de se produire. C'est sur cette dernière théorie que s'est appuyé M. Jarriant.

On a toujours admis que le volume protégé par une tige était celui d'un cône droit, à base circulaire, ayant son sommet à l'extrémité de la tige. MM. Félix Lucas et Chenevier, ont démontré que le rayon de base de ce cône était égal à $1^{m},75$ de sa hauteur. En pratique, on est donc conduit à augmenter la hauteur des tiges ou à en accroître le nombre.

D'après M. F. Michel, nous indiquerons encore les avantages suivants des tiges de M. Jarriant. Elles sont bien homogènes; elles sont en quelque sorte hérissées d'arêtes vives, condition avantageuse au point de vue de l'effet préventif; enfin elles présentent en surface, un grand développement métallique qui joue, en matière de propagation électrique, un rôle considérable.

Sans vouloir insister davantage sur ces considérations, nous indiquerons cependant les règles générales prescrites dans l'instruction adoptée par la commission chargée d'étudier l'établissement des paratonnerres des édifices municipaux de Paris.

La tige des paratonnerres doit être en fer forgé d'une seule longueur, polygonale ou légèrement conique; elle sera terminée par une flèche en cuivre, conique, présentant une longueur de $0^{m},50$. L'angle au sommet devra être de 15 degrés sur la verticale. Le volume protégé est celui d'un cône droit à base circulaire dont la hauteur h est celle de la tige et le rayon du cercle de base égal à $1,75\ h$.

L'écartement des tiges, dans la pratique, pourra être augmenté, à condition de faire usage d'un circuit de faites, établi d'après les instructions de l'Académie.

Digitized by Google

Toutes les pièces métalliques de masse un peu considérable seront reliées métalliquement au système de paratonnerres.

Les conducteurs seront en fer; on devra faire usage de compensateurs de dilatation notamment pour les circuits de faîtes. A leur partie inférieure, les conducteurs seront terminés par une masse métallique à surface aussi large que possible, plongeant d'au moins 1 mètre dans une nappe d'eau souterraine.

M. Chenevier termine les considérations sur les paratonnerres par leurs conditions d'établissement, dans leurs détails, d'après MM. Chabat et Callaud. Nous ne pouvons nous y arrêter.

En ce qui concerne les avertisseurs d'incendie, dont la vulgarisation est à désirer, il faut convenir, avec M. Chenevier, que jusqu'ici on n'a encore fait en France, que de timides essais. Il n'en est pas de même à l'étranger.

Le service d'avertissement est automatique ou non. La première disposition est réservée pour les habitations privées, la seconde est plus spécialement à l'usage des villes.

Dans un grand nombre de villes d'Amérique et dans certaines cités européennes, fonctionne un système d'avertissement complet. A cet effet on a établi dans les rues, dans les postes de police, etc., des appareils qui, par la simple pression d'un bouton ou le tirage d'un anneau, déterminent le tintement d'une sonnerie électrique dans un poste de secours ou à l'état-major des pompiers.

A Christiania, 56 appareils à signaux ont été posés par la maison Siemens et Halske de Berlin. Dans d'autres villes, comme à Hambourg, par exemple, on préfère des postes d'un seul sapeur dans chacun desquels se trouve un télégraphe à cadran et à l'aide duquel on transmet la demande de secours. Hambourg compte 46 postes de ce genre et 50 cloches d'alarme accessibles au public. Enfin on a encore utilisé le réseau télégraphique ainsi créé, comme organe de surveillance municipale.

Il a été reconnu, par une commission bruxelloise, que, pour éviter de trop fréquentes détériorations du matériel, il y avait lieu de ne confier la manœuvre des appareils qu'à des agents responsables.

En 1877, le Conseil municipal de Paris agréa l'avertisseur Petit qui fut expérimenté avec avantage par l'état-major du corps des sapeurs-pompiers. Mais cet appareil fut plus tard reconnu dangereux quand la manœuvre en était confiée à des personnes non responsables, ou qu'il devenait accessible aux malfaiteurs.

On s'arrêta à Paris à la création de 39 postes, à un seul sapeur, reliés électriquement entre eux et à l'état-major. Des boutons avertisseurs devaient, en outre, être installés dans les postes de police. Ce

Digitized by Google

système, composé de lignes télégraphiques à courants continus et d'appareils enfermés dans des caisses vitrées, permet de transmettre instantanément les annonces d'incendie à tous les postes de police, aux casernes de sapeurs-pompiers, à la préfecture de police et à la direction des eaux.

M. Rau a proposé un autre système qui fonctionne à Amsterdam et à Francfort : il consiste en un certain nombre de postes dans chacun desquels se trouve un anneau que l'on ne peut atteindre qu'après avoir brisé une vitre. En tirant sur cet anneau, on transmet au poste central un avertissement particulier.

En 1881, à l'Exposition d'électricité de Paris, M. J.-R. Bright avait exposé un appareil formé d'un fût de colonne de $1^m,20$ de hauteur environ, à la partie supérieure duquel se trouve une boite, protégée par un verre derrière lequel est disposé le bouton avertisseur.

Comme on le voit, les deux derniers systèmes comptent sur le bon sens public, ce qui est contraire aux conclusions du corps d'état-major des pompiers de Paris et de Bruxelles.

M. Chenevier propose ensuite l'emploi d'un système qui, d'après lui, possède les avantages des précédents réunis sans en avoir les inconvénients et dont le principe que nous indiquerons seul, est le suivant :

Accès facile au public des boutons avertisseurs peu éloignés.

Demande de secours importants par un agent responsable.

Passons maintenant à l'examen des avertisseurs d'incendie pour ateliers, usines, maisons d'habitation, etc.

On peut diviser ces appareils en avertisseurs automatiques à circuit fermé, et ceux à circuit ouvert. Les premiers, plus certains que les seconds, exigent par contre une dépense d'entretien plus considérable. En Amérique on fait usage des circuits fermés; en France on emploie les circuits ouverts.

Le plus simple des avertisseurs à circuit ouvert est celui de M. Baudry, chef de gare à Saint-Omer. Il se compose essentiellement d'une sonnerie électrique ordinaire dans le circuit de laquelle on intercale un thermomètre à mercure. Deux bouts de fils de platine dont l'un plonge dans la cuvette du baromètre, et l'autre descend dans le tube jusqu'au trait marquant 55 degrés, servent à fermer le circuit lorsque la température du local dans lequel est installé le thermomètre atteint cette température.

Cet appareil peut donc servir d'abord de thermomètre ordinaire, de sonnette d'appel par la pression d'un bouton, enfin d'avertisseur d'incendie.

MM. A. Joly et Barbier ont imaginé un câble électrique formé de

Digitized by Google

deux fils métalliques isolés l'un de l'autre par du gutta-percha, et fortement cordés par un procédé spécial. Quand ce câble se trouve dans un endroit où la température s'élève par suite d'un commencement d'incendie, la matière isolante entre en fusion et les deux fils, qui se trouvaient en contact, ferment le circuit d'une pile dans lequel est placé le carillon d'une sonnerie. Cet appareil paraît plus sensible que le précédent, mais l'oxydation des deux conducteurs est à craindre.

MM. Gaulde et Mildé ont imaginé un appareil avertisseur qui a été l'objet d'un rapport, fait par M. Lockert, à la Société des ingénieurs civils. Le principe en est le suivant :

Sous l'action de la chaleur, une lame bimétallique, composée de métaux inégalement dilatables, se courbe du côté du métal le moins dilatable. Dans l'appareil Gaulde et Mildé, chaque plaque métallique est formée d'une feuille d'acier, d'une feuille de cuivre et d'une feuille de zinc superposées.

C'est par le déplacement, par rapport à la verticale de la lame de droite, qui est mobile, que le circuit électrique se trouve fermé.

L'appareil est réglé pour ne donner d'indications qu'au-dessus d'une température égale à 40 degrés.

Le grand avantage de ce système est de faire l'office de bouton électrique, en temps ordinaire. De cette façon on n'a pas à s'occuper de son état d'entretien qui est soumis à une vérification constante.

M. Bright est l'inventeur d'un avertisseur basé sur un principe analogue. Il est formé d'une petite boîte en métal contenant une languette disposée en spirale, comme un ressort de montre. Cette languette est ormée de deux métaux, platine et acier, qui se dilatent différemment sous l'action de la chaleur. L'oxydation lente des contacts de cet appareil est à craindre, ainsi que leur isolement par la poussière et les toiles d'araignée.

MM. Gérard et Germot ont construit un avertisseur fondé sur le principe de la dilatation de l'air, sous l'action de la chaleur, dans une enveloppe fermée; et sur son action mécanique comprimant une colonne de mercure qui peut ouvrir ou fermer un circuit électrique par le contact du métal liquide contre les anodes de platine. Les appareils de Gérard et Germot, baptisés par les inventeurs du nom d'appareils *atmo dynamiques* de sécurité, présentent la forme d'une lampe surmontée d'un petit globe en verre sans cheminée. Ce globe renferme à la fois la pile, la sonnerie et l'avertisseur.

Cet appareil, qui peut être utilisé comme régulateur de température à maxima et à minima, n'a pas besoin de fils conducteurs; dans son application à tout un bâtiment, c'est un thermomètre renfermé dans

Digitized by Google

une boule de verre que l'on peut suspendre en un point quelconque. La colonne de mercure, qui est chargée de fermer un circuit lorsque la température atteint la limite maxima fixée, fait fonctionner un signal.

La sensibilité de l'appareil est extrême. Elle tient surtout à la capacité de la boule dont l'air dilaté comprime une petite quantité de mercure seulement.

Comme inconvénient, on peut craindre que le signal d'alarme ne se fasse entendre quelquefois pour une cause étrangère à un incendie; on peut se préoccuper aussi de la fragilité de la boule de verre.

L'avertisseur Cuchet diffère complètement des systèmes précédents. Il est formé d'un câble enduit d'une matière grasse spéciale qui en facilite la rupture aussitôt qu'il est léché par la flamme. Ce câble, disposé sur des roulettes fixées au plafond des pièces à protéger, par exemple, maintient éloigné le marteau d'une sonnerie. S'il vient à se rompre sous l'action de la chaleur, le marteau, rappelé par un ressort vient frapper sur le timbre et la sonnerie continue à fonctionner.

En outre de cet appareil, M. Cuchet a imaginé un système automatique de fermeture des conduites de gaz ou d'ouverture des robinets d'eau.

Des systèmes automatiques basés sur des données analogues ont été présentés par M. Bahr, de Varsovie, par M. Maxim et par M. Oriolle. Les deux premiers emploient à la fois les cordelettes combustibles, les alliages fusibles et enfin le coton poudre ou l'électricité pour l'ouverture des conduites d'eau en charge.

Dans le but de combattre les incendies des magasins à fourrage, M. le docteur Gaucher a imaginé un appareil basé sur ce principe : qu'avant de s'embraser spontanément, une masse de foin s'échauffe et arrive à une température de 90 à 100 degrés.

Pour faire connaitre de l'extérieur la température anormale de la masse, M. Gaucher tend d'un mur à l'autre du grenier, un fil de fer enveloppé par le foin et participant par suite à sa température. Sur le trajet de ce fil, il interpose un petit cylindre en fonte qu'il appelle *thermo-indicateur*.

Ce petit cylindre de $0^m,25$ de longueur sur $0^m,08$ de diamètre, est soudé au fil de fer par un alliage fusible à 90 degrés. Dans le cas où la température est suffisante pour faire fondre l'alliage, un poids fixé à l'extrémité du fil de fer tombe et avertit du danger.

M. Chenevier cite encore les avertisseurs Dupré, Fagot, le pyrométrite Forgeot, les dispositions de Wallace et Tucker; enfin les appareils à courants continus de Bréguet.

Après cette énumération, M. Chenevier déclare que l'emploi de

Digitized by Google

tous ces appareils est coûteux et l'électricité toujours *capricieuse* lui paraît d'un usage peu commode nécessitant de grands soins. C'est pour remédier à ces inconvénients qu'il a étudié un système d'avertissement en utilisant les variations de pression des gaz sous l'action de la chaleur.

Nous ne suivrons pas M. Chenevier, dans l'examen de ce procédé et nous terminerons ici l'analyse de ce travail. L. C.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 22 octobre 1883.

M. G. Cabanellas adresse la démonstration d'un théorème d'électricité qu'il énonce comme il suit : *Dans tout système en équilibre dynamique, la somme algébrique des produits respectifs des différences des potentiels par les courants est égale à zéro.* (Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin, Cornu.)

Sur la force d'induction qui est due à la variation d'intensité dans le courant électrique d'un multiplicateur à spirale plate, et sur la comparaison de cette force avec celle qu'exerce à de grandes distances un solénoïde sphérique ou un soleil fictif solénoïdal. — Note de M. Quet.

Séance du 29 octobre 1883.

M. le Président annonce à l'Académie la nouvelle perte douloureuse qu'elle vient de faire en la personne de M. *Louis Breguet*, Académicien libre, et il ajoute :

« Depuis quelques mois, l'Académie est cruellement frappée. M. Breguet que l'âge semblait n'avoir point touché, M. Breguet que nous venions de voir plein de vie dans une réunion amicale des membres de l'Institut, tombait au lendemain, comme foudroyé ; c'était la nuit du 26 au 27 octobre.

« Avec M. Breguet s'efface, du moins pour un temps, un nom célèbre dans les arts mécaniques dès le dix-huitième siècle. Avec notre excellent Confrère, disparaît un de ces habiles et ingénieux constructeurs d'instruments de précision, à la fois artistes et savants, qui rendent

Digitized by Google

à l'industrie d'immenses services et qui deviennent souvent une providence pour les physiciens et les astronomes, surtout les inventeurs. Tels ont été Gambey et Breguet, que l'Académie voulut s'associer.

« Nous avons rendu aujourd'hui même les honneurs funèbres à M. Breguet. Sur la tombe, M. Janssen s'est fait l'interprète de l'Académie, M. l'amiral Cloué a parlé ensuite au nom du Bureau des Longitudes, et un représentant de l'établissement que dirigeait si brillamment notre Confrère a exprimé les regrets de ses collaborateurs de tout ordre. »

M. G. Cabanellas adresse une note intitulée : *Fonctionnement d'une turbine et d'un moteur électrique.*

BIBLIOGRAPHIE

Traité pratique d'électricité comprenant les applications aux sciences et a l'industrie, par C. M. Gariel. — 1er volume, Paris, *Doin.*

Un de nos collaborateurs, dont nous déplorons la perte récente, M. Niaudet, a indiqué lors du premier fascicule de cet ouvrage le but que s'est proposé l'auteur, qui a pensé qu'il y avait en électricité place pour un livre qui fût intermédiaire entre les ouvrages de pure vulgarisation et les grands traités mathématiques où les phénomènes électriques sont surtout le point de départ de calculs intéressants.

Ce premier fascicule était une introduction, pour ainsi dire : il contient le résumé détaillé de ce qui constitue l'électricité classique, et peut, dès lors, être lu assez rapidement par toute personne qui a présent à l'esprit ce que l'on enseigne par exemple pour le programme du baccalauréat. Ce n'était pas que l'auteur n'eût insisté sur certains points ordinairement délaissés, et qu'il n'eût apporté quelque chose de personnel dans le mode d'exposition des phénomènes, mais il est sans intérêt d'insister ici sur cette partie qui a été bien caractérisée dans un précédent article.

M. Gariel vient de faire paraître le deuxième fascicule qui termine le premier volume et la partie théorique de l'ouvrage : il nous semble, si nous ne sommes pas abusé par les sentiments qui nous attachent à l'auteur, un des collaborateurs assidus de l'*Électricien* depuis sa fondation, il nous semble que ce fascicule est appelé à rendre de réels services en présentant simplement et méthodiquement le résumé de ce qu'il est essentiel de savoir lorsqu'on est appelé à s'occuper d'électricité d'une façon un peu sérieuse.

Digitized by Google

Le fascicule dont nous avons à rendre compte comprend en somme deux questions bien distinctes : d'abord celle des unités et des mesures électriques, puis l'étude sommaire des appareils de laboratoire destinés à amener une rupture de l'équilibre électrique.

L'étude de l'électricité a conduit à s'occuper d'une importante question qui, malheureusement, a trop souvent été perdue de vue, nous voulons parler de la question des unités. Il est évident que le choix de l'unité à adopter pour la mesure des grandeurs de nature quelconque est, en réalité, absolument arbitraire; mais il n'est pas moins certain qu'il y a un intérêt très grand, très réel, à ce que les unités se rapportant à des grandeurs qui ont entre elles des liens rationnels ou physiques ne soient pas indépendantes, et il est utile que les relations que l'on établit entre elles soient choisies d'une façon raisonnée. On ne songerait pas évidemment, quoique cela soit possible, à prendre pour unité de surface un carré qui aurait un côté quelconque; on sait l'avantage qui existe dans notre système métrique français à ce que les diverses unités se trouvent reliées à l'unité principale, à l'unité de longueur.

Sauf de rares cas particuliers, les physiciens ne se sont pas occupés autrefois de choisir rationnellement les unités, il faut avouer même qu'ils n'avaient pas les éléments pour le faire dans tous les cas. En ce qui concerne l'électricité, jusqu'aux travaux provoqués par la *British Association* on n'avait défini aucune unité, si ce n'est celle de résistance qui avait été choisie arbitrairement, et dont il existait plusieurs types dus à des auteurs différents et n'ayant entre eux aucun lien. Ce n'est pas que d'intéressantes indications n'eussent été données, mais il n'en était résulté l'adoption d'aucune unité qui fût entrée dans la pratique, pas même dans les recherches de laboratoire.

On sait, et ce n'est pas ici qu'il serait nécessaire d'insister, qu'il en est autrement maintenant et qu'une entente s'est faite tant sur les unités théoriques que sur les unités pratiques.

Les notions qui se rattachent à cette question générale ne sauraient être trop répandues, trop nettement précisées; M. Gariel leur a consacré un chapitre en insistant sur les unités électriques, comme il était naturel. Il nous semble que la lecture de ce chapitre ne doit pas présenter de difficultés, même pour les personnes qui ne sont pas au courant de la question et qui pourront y acquérir des idées précises sur ce sujet.

Il pourrait sembler naturel de faire précéder l'étude des moyens de mesure de l'indication des méthodes qui ont permis de déterminer pratiquement les valeurs des unités adoptées; l'auteur ne l'a pas pensé : il a cru qu'il fallait d'abord indiquer les moyens de *comparer*

Digitized by Google

entre elles les grandeurs de même nature sans chercher à les mesurer, c'est-à-dire sans qu'il soit nécessaire de faire choix d'unités. On peut trouver que deux résistances en deux forces électromotrices sont entre elles dans le rapport de m à n sans avoir défini aucune unité. Il faut dire en outre que ces comparaisons sont nécessaires pour la détermination des unités absolues dont l'étude complète ne pouvait guère être faite qu'après.

Les méthodes de comparaison sont nombreuses et nombreux aussi les appareils dont on fait usage, et, à moins d'y consacrer un volume entier, il n'était pas possible de tout décrire : il a fallu faire un choix; il nous a semblé convenable, nous n'avons trouvé aucune lacune importante; nous ne voudrions pas dire que, à l'usage, nous ne trouverons pas d'omission sérieuse, mais à la lecture aucune ne nous a frappé.

La partie de ce fascicule qui comprend la description des moyens de produire la rupture de l'équilibre électrique, à savoir les machines électriques, les piles et les machines d'induction, est relativement peu développée.

En ce qui concerne les machines statiques, cela s'explique aisément, car d'une part les appareils classiques sont décrits dans le premier fascicule, et d'autre part, ces machines, à moins de découvertes imprévues, ne paraissent guère destinées à recevoir de nombreuses applications pratiques. Le chapitre qui les concerne contient cependant quelques descriptions intéressantes.

Les modèles d'éléments de pile qui ont été proposés depuis Volta et qui, au dire de leurs auteurs, sont tous supérieurs aux modèles précédents, sont trop nombreux pour qu'on puisse les décrire tous, d'autant qu'il en est beaucoup qui n'ont réellement jamais été appliqués. M. Gariel s'en est tenu à ceux que l'on rencontre effectivement dans les applications pratiques, dans les laboratoires, ou qui ont servi à des recherches expérimentales spéciales, le chapitre est alors bien restreint. Il eût été insuffisant si le livre s'adressait à des électriciens de profession qui eussent pensé y trouver toutes les indications relatives à cette partie de la science; il ne nous paraît pas trop écourté pour cet ouvrage que nous appellerions volontiers un ouvrage de *demi-caractère*. Il importe de remarquer d'ailleurs que dans le second volume des piles feront l'objet de descriptions spéciales, en ce qui concerne le groupement des éléments, les dispositions spéciales qui ont été adoptées dans divers cas pour répondre à des besoins particuliers, aux usages médicaux, par exemple. Le chapitre dont nous parlons ne comprend que la description des éléments isolés.

C'est pour la même raison que le chapitre des machines d'induc-

Digitized by Google

tion est très réduit : il ne s'y trouve en effet aucune machine industrielle et l'on n'y rencontre que des modèles de laboratoire qui sont étudiés avec quelques détails. Dans l'industrie, une machine doit répondre à certaines conditions pratiques en rapport avec les effets à produire : une machine destinée à fournir un courant pour la galvanoplastie ne doit pas être construite comme une machine à lumière. La variété des dispositions adoptées s'explique, au moins dans certains cas, par celle des conditions qui doivent dès lors être connues à l'avance : cette considération explique suffisamment, pensons-nous, le rejet au second volume des machines industrielles. Nous dirons que le chapitre de la théorie des machines d'induction contient des considérations générales qui nous ont paru de nature à simplifier par la suite la description des machines industrielles.

Tel est le compte rendu du deuxième fascicule du *Traité pratique d'électricité* de M. Gariel; peut-être les électriciens le trouveront-ils incomplet, insuffisant sur certains points? Nous le répétons, il n'est pas fait pour eux. Le but que s'est proposé l'auteur est moins élevé, mais il n'est pas moins important, si cet ouvrage parvient à répandre quelques notions précises sur un sujet qui est maintenant tout d'actualité et sur lequel les données essentielles, primordiales, font défaut au public. A cet égard, nous croyons pouvoir le recommander sérieusement : les idées générales ne font pas défaut sans cependant maintenir le livre dans la théorie pure; la lecture nous en a paru aisée; il y a peu de calculs et ils sont le plus souvent rejetés en note. Nous souhaitons sincèrement le succès au *Traité pratique d'électricité* que nous signalons d'une manière spéciale à nos lecteurs. E. H.

La Traction électrique par accumulateurs appliquée aux tramcars de Paris, par Émile Reynier (Extrait du journal l'Electricien), *J. Michelet*, éditeur.

FAITS DIVERS

Société internationale des Électriciens. — Dans une dernière réunion tenue par la Commission d'organisation avant l'assemblée générale du 15 novembre, il a été arrêté une liste des membres français et étrangers devant faire partie du bureau, sous réserve, bien entendu, de l'approbation de l'assemblée générale.

Les études auxquelles doit se livrer la Société ont été subdivisées en six

Digitized by Google

groupes formant un nombre égal de sections ayant chacune un président et un secrétaire.

Voici la répartition de ces sections :

1re *section*. — Électricité théorique. Électrométrie.

2e *section*. — Machines et moteurs électriques. Transport et distribution de l'énergie.

3e *section*. — Lumière électrique. Actions calorifiques du courant.

4e *section*. — Télégraphie et téléphonie.

5e *section*. — Signaux de chemins de fer. Chronométrie. Enregistreurs.

6e *section*. — Électrochimie. Électrothérapie.

Les études diverses qui n'entrent pas dans cette classification seront, dans chaque cas, déférées à la section dont elles se rapprochent le plus, soit par les moyens mis en œuvre, soit par le but poursuivi.

—

Tramway électrique de l'Exposition d'Amsterdam. — Le tramway électrique qui figurait à l'Exposition d'Amsterdam avait été construit par M. Suc.

Il comprenait une voiture fermée, divisée en deux compartiments : celui d'avant réservé au mécanicien et contenant les appareils pour la mise en marche et pour l'arrêt; celui d'arrière où pouvaient prendre place quelques voyageurs contenait, sous les sièges, 72 accumulateurs système Faure-Sellon-Volckmar, petit modèle. Ces accumulateurs, réunis en séries de 24 éléments chacune, étaient groupés en tension.

Il y avait, en outre, une ou deux voitures ouvertes spécialement affectées au transport des voyageurs, et du type de celles qui circulent au Jardin d'acclimatation du Bois de Boulogne. Ces voitures ont une plate-forme à chaque extrémité pour 2 voyageurs; les banquettes sont faites pour 5 personnes assises de chaque côté : soit donc un total de 14 voyageurs par voiture.

Pour charger les accumulateurs on dispose d'une machine à vapeur à grande vitesse, d'une force de 12 à 15 chevaux, actionnant directement les machines génératrices.

Les machines réceptrices et commandant les roues des véhicules du tramway sont identiques. Elles appartiennent toutes au système Siemens, D_3. Leur poids est de 140 kg. et les machines génératrices sont capables de fournir un courant de 25 ampères et de 70 volts. Leur vitesse normale est 900 tours.

Tout un système spécial de résistances a été intercalé sur le circuit des accumulateurs. Il introduit graduellement au moment de la mise en marche et de l'arrêt une résistance suffisante pour modérer la vitesse de la machine.

—

Nouveaux accumulateurs. — Au moment où la *Métropolitaine Électrique Compagnie* de Paris cherche à écouler dans le public 60 000 actions dont le produit est destiné en partie à exploiter les accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar, l'*Engineering* nous apprend que *The Electrical Power Storage Company*, qui exploite à Londres les mêmes appareils, vient d'acquérir de nouveaux brevets de perfectionnement pour la construction des accumula-

Digitized by Google

teurs. Ces perfectionnements sont relatifs à la suppression des boîtes, aux liaisons des éléments et à la réduction des dimensions des appareils. La Société ne sera pas en mesure de livrer les nouveaux accumulateurs avant le mois de janvier prochain et *ne construira plus d'accumulateurs du type actuel*, si ce n'est pour satisfaire aux engagements contractés précédemment.

Quel est donc ce mystère, et que vont devenir les vieux types d'accumulateurs mis à la réforme?.. en Angleterre.

—

Métropolitain de Vienne. — La maison *Siemens* et *Halske* et l'*Oesterreichische Länderbank* se sont mises d'accord pour la construction et l'exploitation de chemins de fer électriques d'intérêt local en Autriche-Hongrie. Elles ont notamment signé le 6 octobre dernier la convention relative au métropolitain viennois dont la maison Siemens et Halske avait préalablement obtenu la concession.

Il s'agit d'établir un réseau qui desservira les neuf arrondissements de la ville (*Stadtbezirke*), et se tiendra constamment à l'intérieur des anciennes *lignes* d'octroi (*Linien*) qu'il ne franchira qu'en deux points pour se raccorder par de petits embranchements à la *West-* et à la *Süd-Bahn*.

En définitive le projet comprend deux chemins circulaires, l'un d'eux, le plus grand, traverse les huit faubourgs ; le plus petit court à travers la ville proprement dite et sa partie ouest embrasse depuis *Elisabethbrücke* jusqu'à *Salzgries*. Ces deux ceintures sont reliées entre elles par quatre embranchements. Le côté essentiellement original de ce projet est qu'une grande partie du réseau traversera les rues en souterrain au moyen de tunnels en charpente de fer, l'autre partie sera aérienne et sera portée par des colonnes en fer. Le premier tronçon qui va être construit, et qui sera la ligne principale de tout le projet, partira de la gare de la *Westbahn*, pour se rendre au *Praterstern* par la *Mariahilferstrasse*.

Heureux Viennois ! Ils auront donc avant nous un réseau métropolitain ; il est vrai qu'ils n'imitent pas les hésitations de l'âne placé entre deux sacs d'avoine; il ont su choisir entre la vapeur et l'électricité et user à leur gré selon les circonstances de la ligne aérienne ou de la ligne souterraine. Espérons que notre capitale, stimulée par ce sage exemple d'une de ses rivales, s'efforcera de la suivre de près dans cette voie.

—

Sur les dangers relatifs des courants continus et alternatifs. — C'est à tort, d'après le *Centralblatt für Elektrotechnik*, que l'on prétend que toute machine à courants alternatifs est un sujet de danger pour la vie humaine ; le péril réside dans la haute tension seule du courant, qu'il soit alternatif ou continu.

Toutefois à intensité *moyenne* égale, le maximum de tension d'un courant alternatif est 1,57 fois plus grande que celle d'un courant continu.

En effet, l'intensité d'un courant continu peut être représentée par une parallèle à l'axe des temps :

$$I = a.$$

Digitized by Google

L'intensité d'un courant alternatif sera représentée par une sinusoïde :

$$I = b \sin x.$$

Le nombre de coulombs dépensés par le premier courant aura pour valeur l'intégrale :

$$Q = \int_0^t I\,dt,$$

et l'intensité moyenne correspondante sera :

$$\frac{1}{t}\int_0^t I\,dt = I.$$

Le nombre de coulombs dépensés par le courant alternatif aura pour valeur l'intégrale :

$$Q = b\int_0^{\pi} \sin x dx = 2b,$$

et l'intensité moyenne correspondante sera :

$$\frac{Q}{\pi} = \frac{2b}{\pi} = \frac{b}{1{,}57} = I.$$

Mais l'intensité maximum du courant alternatif, correspondant au temps $\frac{\pi}{2}$ ayant pour valeur b, le rapport des deux intensités maximum est :

$$\frac{b}{\frac{b}{1{,}57}} = 1{,}57.$$

Tel est également le rapport des deux tensions maxima.

Si l'on admet, ce qui est probable, que l'effet physiologique est d'autant plus puissant que les nerfs éprouvent des différences de tension plus grandes, le courant alternatif offre encore plus de danger sous ce rapport, car si la différence maximum qu'on éprouve avec la machine à courants continus est de $\frac{b}{1{,}57}$, avec la machine à courants alternatifs elle est de $2b$ et se répète fréquemment dans un court espace de temps.

A notre avis, il faudrait qu'un Comité international réglementât la tension maximum des courants alternatifs à la moitié au moins de celle qui serait autorisée pour les machines à courants continus.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4398. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

LES APPAREILS NOUVEAUX

A L'EXPOSITION INTERNATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DE VIENNE

CHEMINS DE FER (*Suite*)[1].

La *Compagnie de P.-L.-M.*, représentée par M. Postel-Vinay, exposait son nouvel appareil de *Block system*, qui diffère sensiblement de celui qui figurait à l'exposition de Paris.

Dans cet appareil, on a cherché à réaliser les deux conditions suivantes :

1° Mettre un garde dans l'impossibilité d'effacer lui-même le signal une fois à l'arrêt;

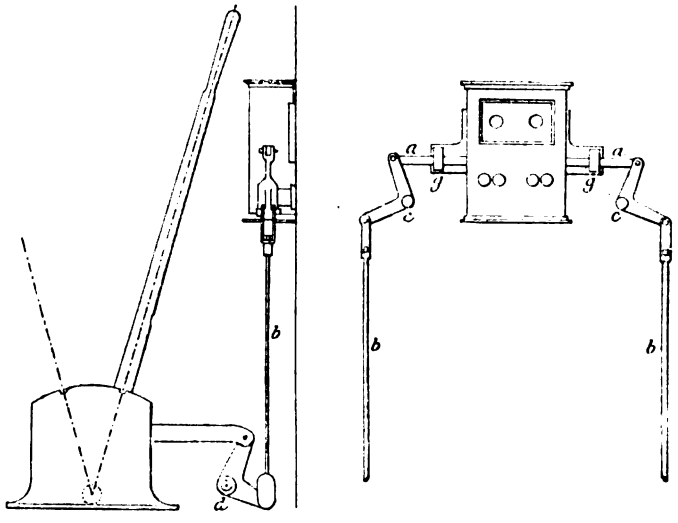


Fig. 1. — Vue d'ensemble d'un appareil double.

2° L'autorisation ne doit être donnée que par le garde du poste suivant, quand celui-ci a vu passer le train complet et alors seulement que le disque à distance, puis le signal de Block de ce poste ont été mis à l'arrêt.

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er novembre 1883, n° 62, p. 585.

Digitized by Google

La première condition a été réalisée à l'aide des sémaphores ordinaires que la Compagnie emploie depuis très longtemps; mais en supprimant la manivelle et en manœuvrant ces appareils par transmission rigide, à l'aide d'un levier situé à distance.

Ce levier (fig. 1) est relié par une bielle *b* et deux renvois *c* et *d* à une règle en fer *a* d'une boîte en bois représentée à plus grande échelle figure 2. Lorsque le levier est renversé, c'est-à-dire quand le signal est à l'arrêt, la règle en fer qui glisse dans les deux guides *g* est poussée à l'intérieur de la boîte.

L'enclenchement et par suite l'impossibilité de manœuvrer le levier est produit par une tige d'acier *i*, formant verrou, qui tombe par son propre poids dans une encoche de la règle. Pour retirer le verrou, il faut envoyer dans l'électro *j* un courant de sens convenable sous l'action duquel le noyau de fer doux s'aimante et exerce sur la palette *k*, soumise à l'influence de l'aimant permanent *l*, une action répulsive. Le ressort *n* relève alors le verrou.

Un disque rouge ou blanc apparaît à travers une ouverture pratiquée sur le devant de la boîte, suivant que l'appareil est ou non enclenché. Le mouvement de ce disque est obtenu par le verrou lui-même auquel il est relié à l'aide d'un levier à contrepoids *t*, dont l'extrémité s'appuie sur la tige *u* du disque.

Faisons remarquer, avant d'aller plus loin, que le taquet *p* fixé à la règle, et la came *q*, ont pour but de relever la palette *k* et de l'appuyer contre le noyau de l'électro-aimant contre lequel elle reste calée si l'action électrique a cessé.

Le taquet *p*, en agissant sur le levier à bascule *r*, sert aussi à annoncer les trains en avant. On se souvient que, dans l'ancien appareil Tyer modifié par M. Jousselin, on peut échanger, entre les postes, une correspondance assez compliquée. Quand on pousse une fois sur le bouton, cela signifie qu'un train part du poste considéré.

Or, dans la disposition actuelle, l'annonce des trains se fait automatiquement. A cet effet (fig. 2 et 3), une équerre *l'*, dont une extrémité s'appuie sur une tête de vis *m'*, fixée sur la tige du bouton poussoir, s'engage par l'autre extrémité sous un crochet *s* articulé au levier *r* dont nous avons parlé.

Digitized by Google

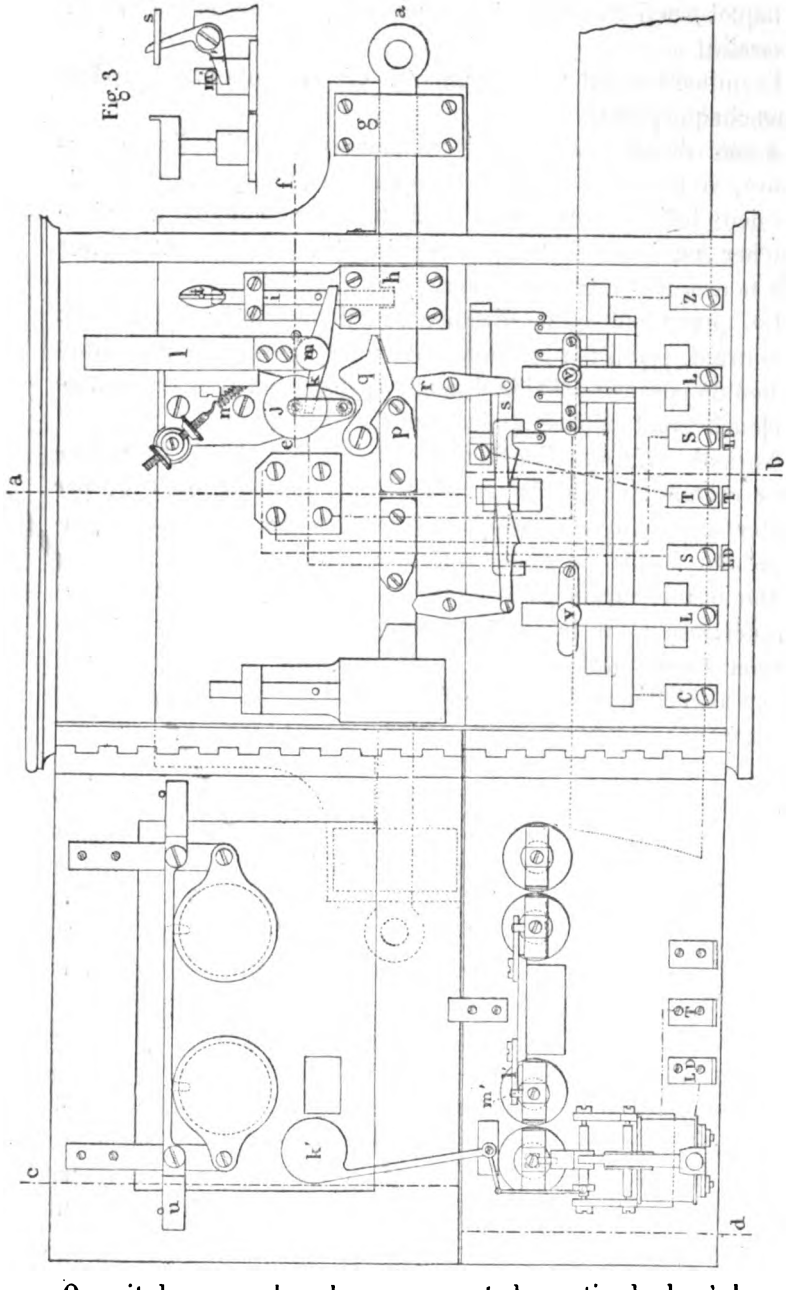


Fig. 2. — Détail de la boîte d'enclenchement.

On voit donc que dans le mouvement de sortie de la règle *a*.

Digitized by Google

le taquet *p* actionne le bouton et produit un coup de la sonnerie Jousselin.

Examinons maintenant comment le déclenchement est produit dans chaque poste.

A côté de chaque levier de manœuvre de l'aile d'un sémaphore, se trouve le levier du disque à distance correspondant. Ces deux leviers sont enclenchés de telle sorte que l'on ne puisse toucher au levier de manœuvre du sémaphore avant d'avoir mis le disque à distance à l'arrêt.

Or, quand le disque à distance a réellement été mis à l'arrêt, le courant, établi par le commutateur de cet appareil, rend libre le bouton poussoir à l'aide duquel on peut émettre le courant de déclenchement au poste précédent.

Normalement, une tige d'acier verticale *b* (fig. 4, 5, 6), guidée en *c* et reposant sur la palette *a* d'un électro-aimant T, par l'intermédiaire d'une rondelle *d*, pénètre dans un trou *e* pratiqué dans la tige du bouton qui ne peut être poussé.

Quand un courant passe dans les bobines de l'électro placées en dérivation sur le circuit de la sonnerie du disque, la tige d'acier tombe de son poids. Donc, quand le disque à distance a réellement fonctionné, le bouton poussoir se trouve dégagé.

De plus, quand on pousse ce bouton, une pièce à trois branches *g* est entraînée ; l'une des branches s'accroche à un crochet *f*, porté par la palette *a*, et une autre branche soulève une tige *h* qui pénétrera dans un second trou *i* de la tige du poussoir quand celui-ci, après avoir été poussé, reviendra à sa position initiale.

Quand le disque, après avoir été mis à l'arrêt, sera effacé, la tige *n* dégagera le trou *i*, mais la tige *b* s'engagera de nouveau dans le trou *e*, et le bouton ne sera rendu libre qu'après une nouvelle manœuvre des signaux.

Par conséquent, à un poste de pleine voie, les manœuvres se font dans l'ordre suivant : mise à l'arrêt du disque à distance, mise à l'arrêt du sémaphore, ce qui produit en outre l'annonce du train au poste suivant ; enfin un envoi en arrière du courant de déclenchement.

Un voyant *j'*, articulé avec la pièce à trois branches dont nous

Digitized by Google

avons parlé ci dessus, apparaît à une fenêtre carrée (fig. 2) quand le sémaphore du poste n'a pas été mis à voie libre alors que cela était possible.

A côté du bouton de remise à voie libre se trouve le bouton servant à l'annonce des trains et à l'échange des correspondances de service entre les divers postes.

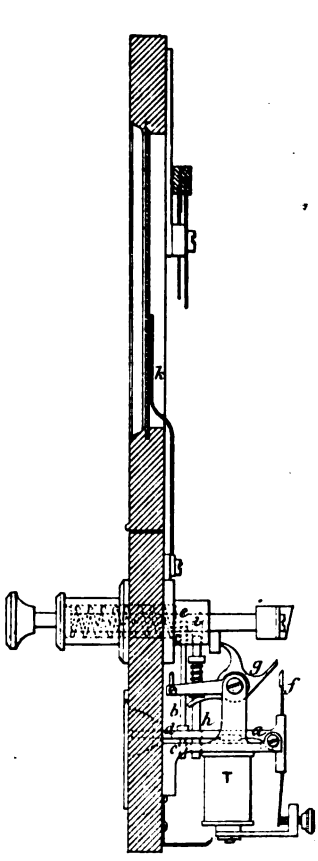


Fig. 4. — Coupe suivant *cd*.

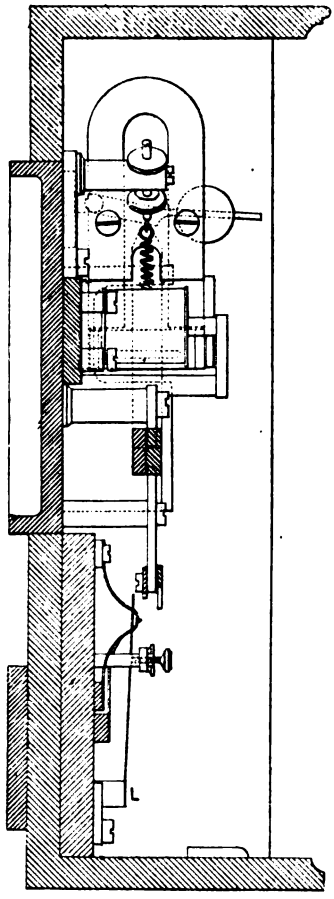


Fig. 5. — Coupe suivant *ab*.

Tels que nous venons de les décrire, les appareils sont ceux des postes intermédiaires de pleine voie.

Chacun d'eux comprend :

Digitized by Google

Un sémaphore à deux bras, un pour chaque direction ;
Deux disques avancés ;
Deux répétiteurs de disque ;
Une pile électrique ;
Deux indicateurs Jousselin ;
Un appareil double de Block divisé en deux moitiés, destinées, l'une aux relations avec le poste précédent, l'autre aux relations avec le poste suivant.

Dans les gares, où il se produit des dépassements, la Compagnie a doublé le sémaphore et en a placé un à chaque extrémité de la gare.

Chaque appareil comporte alors deux bras s'adressant à chacune des voies. Le signal de sortie seul est enclenché. Les choses sont disposées de telle sorte que, pour rendre la voie en arrière, le poste d'entrée doit mettre à l'arrêt : le disque à distance et l'aile correspondante du sémaphore d'entrée. A cet effet, le circuit passera dans un interrupteur placé sur le levier de manœuvre de l'aile.

Il est évident qu'une disposition analogue peut être employée pour les postes de pleine voie : c'est-à-dire que le circuit peut être disposé de manière à passer dans un interrupteur placé sur le levier de manœuvre de l'aile.

Comme on peut le voir sur les figures, un seul fil suffit à l'échange des signaux et au déclenchement électrique des sémaphores.

La ligne entre dans l'appareil (fig. 2) par la lame de cuivre L ; elle est en communication avec l'électro-aimant et la sonnerie par le contact de cette lame et de la vis V.

Quand on agit sur un bouton poussoir, on rompt ce contact, c'est-à-dire que l'on isole l'appareil ; et les courants que l'on établit ainsi passent directement sur la ligne sans troubler l'état du poste.

Le bouton qui rend la voie en arrière envoie sur la ligne un courant négatif ; celui qui sert à l'annonce envoie un courant positif. Ces deux courants traversent, à l'arrivée, la bobine de déclenchement et la sonnerie Jousselin.

Dans certains cas exceptionnels, on peut, à un poste, rendre

Digitized by Google

voie libre, en brisant un scellé et en faisant usage d'un bouton spécial, sans faire au préalable les signaux ordinaires.

Nous n'insisterons pas davantage sur cet appareil.

On remarque également à l'exposition de M. Postel-Vinay un *contrôleur d'aiguille* imaginé par M. Chaperon, ingénieur à la Compagnie de P.-L.-M., qui fonctionne depuis environ six mois et qui jusqu'ici a donné, paraît-il, d'excellents résultats.

Cet appareil extrêmement simple se compose essentiellement d'une tringle horizontale participant aux mouvements des lames d'aiguilles elles-mêmes et dont les extrémités portent un frotteur métallique. Chaque frotteur se trouve au contact d'une surface mi-partie conductrice, mi-partie isolante. Les choses sont disposées de telle sorte que, lorsque les lames d'une aiguille ne sont pas bien appliquées contre les contre-rails, les frotteurs sont tous deux sur les parties métalliques des contacts, et le circuit d'une pile, sur lequel est montée une sonnerie, se trouve fermé. Cette sonnerie se met aussitôt à tinter.

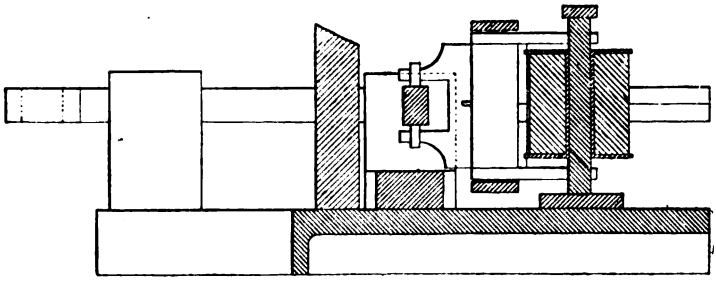


Fig. 6. — Coupe suivant *ef*.

Signalons encore les *cloches électriques* employées par la Compagnie d'Orléans pour l'exploitation des lignes à voie unique. Un modèle de ces cloches est exposé par M. Postel-Vinay.

Enfin la *Compagnie de l'Ouest* est représentée par la maison Bréguet qui expose les éléments du Block-system de M. Regnault.

Depuis l'Exposition de 1881, M. Regnault a modifié son appareil, et bien que cette nouvelle disposition ne figure pas entièrement à Vienne, nous pensons néanmoins qu'il est intéressant de la faire connaître brièvement.

Digitized by Google

On se souvient que, dans l'appareil qui figurait à Paris, il existait un enclenchement mécanique entre le bouton poussoir servant à l'annonce des trains en avant, et le levier du disque d'arrêt absolu ; ainsi qu'entre le bouton poussoir qui rendait voie libre au poste précédent, et le levier de manœuvre du disque à distance du poste considéré.

Ce dernier enclenchement a été remplacé par une sorte d'enclenchement électrique.

Normalement, l'appareil Regnault n'est en relation avec aucune source électrique, de sorte que la pression sur les boutons poussoirs ne produit aucun effet ; mais quand le disque à distance a été mis à l'arrêt, après le passage d'un train, le circuit d'une pile se trouve fermé et le courant agit sur un petit appareil spécial, dans lequel un électro attire deux lames métalliques, dont l'une ferme le circuit d'une pile locale, actionnant une trembleuse ; l'autre ferme le circuit de la pile commandant l'appareil.

Outre cette modification, M. Regnault a adjoint au signal d'arrêt absolu un signal spécial portant le mot *attention*.

La Compagnie de l'Ouest ayant trouvé avantageux d'employer, comme signaux de Block system, les disques d'arrêt absolu ordinaires, il était impossible d'admettre qu'un train pût franchir un tel signal à l'arrêt ; ce qui doit néanmoins se produire sur une ligne fréquentée et exploitée par le Block system.

Pour trancher la difficulté, M. Regnault a imaginé de doubler le signal d'arrêt ordinaire du signal spécial dont nous venons de parler.

L'ensemble de l'appareil comporte deux serrures électriques. L'une d'elles a été déjà décrite, son usage est également connu. La seconde est normalement munie d'une clé que l'on ne peut retirer qu'en fermant la serrure. Si, à l'aide de cette clé, on ouvre la seconde serrure, le levier du signal que l'on peut alors manœuvrer efface bien le disque d'arrêt, mais lui substitue le signal *attention*.

Le mécanicien se trouve ainsi prévenu qu'il pénètre dans une section bloquée.

Nous nous bornerons pour le moment à ces quelques généralités sur un appareil très ingénieux, bien qu'un peu com-

Digitized by Google

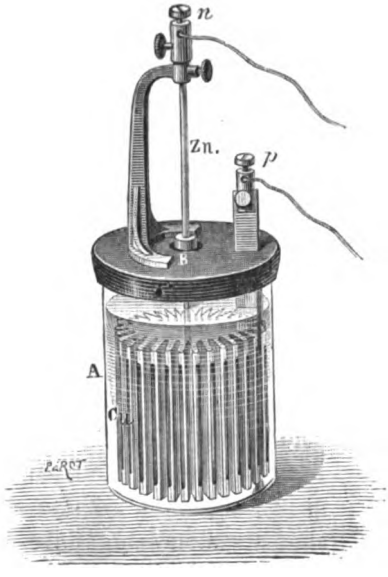
pliqué, qui n'a pas encore fonctionné pratiquement, et dont nous avons vu seulement un spécimen à Paris, il y a quelque temps.

(*A suivre.*) L. CHENUT.

PILE ÉTALON

POUR LA MESURE DES FORCES ÉLECTROMOTRICES

Toute pile constante, dont la f. e. m. est connue, peut servir de témoin dans la mesure des différences de potentiel ; mais pour constituer un *étalon* sûr et commode, un couple doit posséder un ensemble de qualités qu'on ne trouve réunies dans aucune des piles destinées aux usages courants.



Pile étalon de M. Émile Reynier.

Il faut que le couple étalon ait une f. e. m. constante, non influencée par les variations de la température ; il doit pouvoir fournir un courant faible (un milliampère au plus), pour se prêter aux mesures par les méthodes galvanométriques, qui sont commodes, très employées et parfois seules employables.

Digitized by Google

L'étalon doit rester longtemps identique à lui-même, en circuit ouvert ou en circuit fermé. Il faut que son montage, simple et facile, ne comporte que des substances qu'on puisse aisément obtenir ou préparer.

Il est utile que la résistance de l'étalon soit assez petite pour être négligeable en présence des résistances de 1000 à 20 000 ohms que comportent les circuits galvanométriques. Enfin, on pourrait souhaiter, par surcroît, que la f. e. m. de l'appareil fût précisément égale à un volt, pour simplifier les calculs : cette dernière condition est la moins importante de toutes ; dans beaucoup de cas, elle n'est même d'aucune utilité.

On sait que les divers étalons connus ne possèdent point toutes ces qualités. Le couple Daniell, dans la forme connue sous le nom d'étalon du *Post-Office*, m'a paru être le moins imparfait de tous. Mais il comporte deux liquides; la constitution du couple s'altère par le mélange des liqueurs pendant la fermeture du circuit, et l'on n'évite ce mélange, en circuit ouvert, qu'au prix d'une manipulation dont on aimerait à se dispenser. Les sulfates de cuivre et de zinc du commerce sont acides, mais non pas toujours au même degré; on peut craindre que ces différences d'acidité ne changent la f. e. m. attribuée à l'appareil[1].

L'étalon zinc-cadmium a les mêmes qualités et les mêmes défauts que le précédent.

La pile au chlorure d'argent de M. Warren de La Rue est d'une préparation délicate; en circuit ouvert, son zinc se recouvre d'une couche d'oxychlorure qui rend très grande la résistance du couple. Quant à l'étalon Latimer-Clark, il ne peut pas fournir de courant, et par conséquent n'est utilisable que pour les mesures de potentiel par l'électromètre ou par le condensateur.

L'appareil que je propose comme *étalon de force électromotrice* est en fonction dans mon laboratoire depuis plusieurs semaines; après un usage prolongé, j'ai cru reconnaître en lui l'absence des défauts qu'on trouve dans ses aînés.

Très simples sont sa construction et son montage. L'électrode négative est un fil de zinc de 3 millimètres de diamètre, immergé sur une longueur de 10 centimètres, soit une surface de 10 cen-

[1] J'ai constaté qu'une très faible addition d'acide sulfurique dans l'un ou l'autre compartiment d'un couple Daniell abaisse sensiblement sa f. e. m.

Digitized by Google

timètres carrés environ. L'électrode positive est une lame de cuivre *Cu*, plissée et ajourée, dont les plis rayonnent autour du zinc; les fentes pratiquées sur toutes les arêtes assurent la circulation du liquide et permettent à l'action électrolytique de s'étendre à la surface entière de l'électrode, qui a 30 décimètres carrés. Le rapport des surfaces positive et négative est donc environ 300; c'est ce très grand développement relatif de l'électrode positive qui assure la constance du couple.

Le récipient est en verre; sa capacité (800 centimètres cubes) est assez grande pour que les produits résultants de la dissolution du zinc n'altèrent pas sensiblement la composition du liquide. Le couvercle du vase est surmonté d'une potence qui guide le zinc et le supporte lorsqu'on veut soulever l'électrode hors du liquide pour mettre le couple au repos.

La f. e. m. de l'étalon dépend naturellement du liquide choisi. Avec une dissolution de sulfate de zinc, la f. e. m. est précisément égale à *un volt*. MM. Ayrton et Perry avaient déjà noté cette différence de potentiel du système zinc-cuivre-sulfate de zinc; mais n'ayant point donné à ce couple une disposition qui lui permît de débiter un courant, ils n'ont pu le proposer comme étalon que pour les mesures par les méthodes *à circuit ouvert*.

Malgré la propriété qu'elle a de donner *le volt*, je ne préfère pas la dissolution de sulfate de zinc, parce que la pile aurait, avec ce sel, l'un des défauts que je reprochais tout à l'heure à l'étalon Post-Office : ces variations d'acidité de la liqueur qui peuvent inspirer des doutes sur la valeur exacte de la f. e. m. du couple.

Le liquide que j'ai choisi, au moins provisoirement, est la dissolution de *sel marin*. Ce sel étant un produit comestible, on est sûr de l'obtenir toujours parfaitement neutre. On fait dissoudre 250 parties de sel dans 1000 parties d'eau et l'on filtre la dissolution sur du papier.

La f. e. m. du couple zinc *amalgamé*, cuivre, eau salée, est 0,82 volt à la température de 13 à 15 degrés centigrades; j'ai retrouvé cette valeur dans toutes les mesures que j'ai faites, en comparaison avec un étalon P. O. auquel j'attribuais 1,08 volt.

Fermé sur une résistance de 820 ohms seulement, l'étalon perd moins d'un centième de sa force en deux heures. On peut donc admettre qu'il ne varie pas sur un circuit très

Digitized by Google

résistant, pendant le peu de minutes nécessaires à une lecture.

Pour me rendre compte de l'influence de la température, et aussi pour contrôler la justesse de mes rhéostats, j'ai prié M. Hospitalier de vouloir bien mettre à ma disposition, pendant quelques heures, l'excellente collection d'instruments de mesure qu'il possède en son laboratoire de l'*École de physique et de chimie industrielles de la Ville de Paris*.

Une première mesure, faite à la température de 17 degrés centigrades, a redonné la valeur de 0,82 volt. On a chauffé l'étalon à 40 degrés, puis refroidi jusqu'à 5 degrés. A ces deux températures, j'ai trouvé des différences tellement petites qu'on peut les attribuer à des erreurs de lecture; elles n'indiqueraient même pas nettement le sens de la variation, si toutefois il y en a une.

Ainsi la f. e. m. de l'étalon doit être considérée comme constante, malgré les changements de la température ambiante.

Tels sont les résultats de mes vérifications. Je désirerais qu'elles fussent contrôlées par d'autres expérimentateurs, avec des méthodes variées. Et si l'on reconnaît au nouvel étalon les qualités que je me suis efforcé de lui donner, j'inviterai les électriciens à s'en servir jusqu'à ce que les progrès de la science en aient fait découvrir un meilleur. Emile Reynier.

P. S. — Pour la théorie de l'appareil on peut se reporter à une *note* présentée à l'Académie des sciences et reproduite dans ce numéro, page 519. Par la lecture de cette note, on verra que l'*étalon* est une application particulière du modèle de pile que j'ai appelé *couple à maxima*.

DE

LA TRACTION PAR MACHINES ÉLECTRIQUES

(suite)[1]

Avant d'examiner les différentes applications des moteurs électriques à la locomotive, nous allons rappeler succinctement

[1] Voy. l'*Électricien* du 15 octobre, n° 61, p. 343.

Digitized by Google

les principes sur lesquels repose leur fonctionnement, et les résultats des importantes recherches dont elles ont fait l'objet dans ces dernières années tant en France qu'à l'étranger.

Les seules machines employées comme moteurs sont les machines à courants continus dont le fonctionnement est basé sur les principes suivants qui ne sont autres que les lois générales de l'induction.

La force électromotrice est proportionnelle :

1° A l'intensité du champ magnétique ;

2° A la vitesse avec laquelle les fils de l'anneau traversent le champ magnétique (autrement dit, pour une même machine, la f. e. m. est proportionnelle à la vitesse de rotation de l'anneau) ;

3° A la longueur totale des spires de l'anneau, soit au nombre de ces spires.

L'exactitude de la seconde loi a été contestée, mais on admet généralement qu'elle est exacte dans des limites assez étendues de variation de la vitesse ; nous reviendrons d'ailleurs plus loin sur ce point.

Si donc on emploie une machine génératrice, elle produira un courant satisfaisant aux lois précédentes ; si, au contraire, on fait fonctionner la machine comme moteur, on envoie un courant dans son circuit et l'anneau prend un mouvement de rotation d'après la loi de Lenz qui régit l'action mutuelle des courants en présence : le mouvement est tel qu'il engendrerait des courants de sens contraire à ceux qui produisent la rotation.

La rotation qui lie les divers éléments de la machine à sa force électromotrice e est, d'après ce qui précède :

$$e = kMnv,$$

dans laquelle :

k désigne une constante spéciale à chaque type de machine ;

M l'intensité du champ magnétique ;

n le nombre de spires de l'anneau ;

v la vitesse de rotation de ce dernier.

D'un autre côté, l'intensité du champ magnétique M est une fonction de l'intensité du courant et du nombre de spires enroulées sur les inducteurs.

On admet souvent que l'intensité du champ magnétique est

Digitized by Google

proportionnelle au nombre de spires enroulées sur les inducteurs. Mais d'après les expériences qu'il a faites en 1880 et au résultat desquelles nous ferons de fréquents emprunts, M. Fröhlich a prétendu que cette hypothèse était inexacte pour toutes sortes de dynamo-machines ; pour les machines Siemens et Halske sur lesquelles il a expérimenté, il a trouvé que l'intensité était proportionnelle à la puissance $\frac{3}{4}$ du nombre des spires.

En outre, les expériences déjà citées du docteur Fröhlich ont donné l'expression de l'intensité du champ magnétique en fonction de l'intensité du courant. Il a trouvé :

$$M = \frac{I}{a + bI}.$$

On voit que, pour de très grandes intensités de courant, celle du champ magnétique tend vers une limite $\frac{1}{b}$ qui serait son point de saturation.

M. Fröhlich est arrivé à cette conclusion en construisant pour les machines une courbe dont les abscisses étaient les intensités I et les ordonnées $\frac{v}{R}$, rapport de la vitesse à la résistance totale du circuit. Cette courbe est sensiblement rectiligne sur sa plus grande longueur; cette dernière considération conduit facilement à l'expression ci-dessus [1].

M. Deprez a fait également des expériences sur les machines électriques et il a étudié leurs propriétés au moyen de la courbe qu'il appelle la *caractéristique* [2], dont on pourrait à la rigueur tirer la valeur du champ magnétique, en fonction de l'intensité.

Mais M. Deprez n'a pas tiré de conclusions relativement à l'influence de l'enroulement sur le champ magnétique, et dans la construction de ses machines, il s'est appuyé sur la remarque suivante : L'intensité du champ magnétique ne change pas quand le produit du nombre des tours de fil des bobines des électro-excitateurs par l'intensité du courant est constant, à

[1] Voy. l'*Électricien*, t. III, p. 22.
[2] Voy. l'*Electricien*, t. V, p. 158.

Digitized by Google

condition que le volume total du fil des bobines reste inaltéré (la forme des bobines restant la même), c'est-à-dire quand le produit de l'intensité du courant qui excite le champ magnétique par le nombre de tours reste le même.

Nous poursuivrons cette exposition en nous plaçant toujours dans le cas général.

Connaissant la valeur de la force électromotrice e développée dans l'induit de la machine et l'intensité du courant qui la traverse, le travail produit par le courant est représenté par $T = eI$ ou :

$$T = knMIv.$$

Le produit MI est donc proportionnel à l'effort mécanique ou couple moteur développé par la machine ; c'est-à-dire que cet effort moteur est proportionnel à l'intensité du champ magnétique et à l'intensité du courant.

Ce fait a du reste été également énoncé et vérifié expérimentalement par M. Deprez.

Continuant le raisonnement de Fröhlich on a, en désignant par F la valeur de l'effort moteur :

$$F = nMI = n\frac{I^2}{a + bI}.$$

Pour les courants de faible intensité :

$$F = \frac{n}{a}\frac{I^2}{1 + \frac{bI}{a}} \text{ ou approximativement :}$$

$$F = \frac{n}{a} I^2\left(1 - \frac{b}{a} I\right); \text{ comme } \frac{b}{a} \text{ est très petit :}$$

$$F = \frac{n}{a} I^2;$$

c'est-à-dire une parabole passant par l'origine.

Pour les courants de très grande intensité :

$$F = n\frac{I^2}{bI\left(1 + \frac{a}{bI}\right)} \text{ ou approximativement .}$$

$$F = \frac{n}{b} I\left(1 - \frac{a}{bI}\right) = \frac{n}{b}\left(I - \frac{a}{b}\right).$$

Digitized by Google

C'est-à-dire une droite ne passant pas par l'origine. On ne peut pratiquement pas substituer cette droite à la courbe des efforts dont elle est l'asymptote ; mais on peut représenter avec une exactitude suffisante les efforts par une tangente à la courbe en un point correspondant à une valeur moyenne de l'intensité.

M. Fröhlich a vérifié toutes les conclusions au moyen de courbes relevées expérimentalement.

D'un autre côté M. Deprez est arrivé sensiblement aux mêmes résultats expérimentalement et théoriquement, en s'appuyant sur la forme de la caractéristique qui, dit-il, peut être remplacée pour les faibles intensités par une droite passant par l'origine, et pour les grandes intensités par une droite parallèle à l'axe des intensités.

Telles sont donc les lois générales relatives aux moteurs électriques en s'appuyant sur les principes fondamentaux que nous avons énoncés dès le début. Parmi eux il y en a un qui a été l'objet de vives controverses : la force électromotrice est-elle ou n'est-elle pas proportionnelle à la vitesse de rotation de la machine?

M. Deprez a soutenu que la proportionnalité était pratiquement exacte, tandis que M. Maurice Lévy a prétendu que théoriquement la force électromotrice de la machine était la somme d'une série de termes ordonnée suivant les puissances croissantes de la vitesse et que, pratiquement, les termes du second ordre devaient avoir une influence appréciable.

M. Fröhlich a mis à profit l'existence de courants de Foucault qu'il a constatés dans le noyau, dans un certain nombre d'expériences, pour venir à l'appui de l'opinion de M. Maurice Lévy. A ce sujet il dit : Pour les moteurs électriques, les courants de Foucault développés dans l'armature ont une direction contraire à celle des courants qui traversent les fils de l'armature et ils renforcent ainsi le champ magnétique (dans le cas des générateurs, le champ magnétique se trouve au contraire diminué par ces courants).

En désignant par :

M_1 la nouvelle intensité du champ magnétique ;

i l'intensité des courants de Foucault ;

ε une constante dépendant de la machine ;

Digitized by Google

on a $$M_1 = M + \varepsilon i.$$

Or d'après les lois qui régissent ces courants on a, en désignant par u les résistances qu'ils traversent :

$$i = \frac{Mv}{u} = \frac{1}{n}\frac{E}{u}.$$

Désignant $\frac{\varepsilon}{u}$ par y on a :

$$M_1 = M(1 + yv).$$

Dans le cas d'un générateur électrique on aurait :

$$M_1 = M(1 - yv.)$$

Or la force électromotrice développée par la machine est :

$$E_1 = nM_1v = nM(v + yv^2).$$

Ceci prouverait donc que la force électromotrice n'est pas proportionnelle à la vitesse. Il est difficile d'évaluer le coefficient y, mais des expériences ont dans certains cas prouvé son existence, et on peut concevoir que les diverses dispositions d'armatures modifient plus ou moins considérablement sa valeur.

M. Maurice Lévy a établi théoriquement[1] que les phénomènes mêmes de l'induction font naître trois sortes de courants (parmi lesquels les courants de Foucault). La formation de ces courants introduit dans l'expression de la force électromotrice trois sortes de termes d'ordre supérieur au premier, de sorte que cette dernière est de la forme :

$$E = E_1 v - E_2 v^2 + E_3 v^3 + \ldots.$$

D'après les expériences que M. Fröhlich a effectuées en 1882[2] sur de nouvelles machines, il semble que dans ce cas, avec un calage convenable des balais, on peut admettre, avec une approximation suffisante pour la pratique, la proportionnalité de la force électromotrice à la vitesse de rotation. Dans ce qui suit nous nous conformerons à cette hypothèse.

[1] Voy. l'*Électricien*, t. V, p. 65.
[2] Voy. l'*Électricien*, t. V, p. 289.

Digitized by Google

Nous allons maintenant considérer les conditions que semble devoir remplir théoriquement une locomotive électrique.

Il faut d'abord remarquer que les machines électriques tournent facilement à des vitesses de 800, 1000 et même 2000 tours par minute, et il ne faut pas songer à commander directement l'essieu moteur par la machine même. Il devient nécessaire de réduire cette vitesse au moyen d'organes intermédiaires soit courroies, soit roues de friction (le rapport des vitesses atteint $\frac{1}{25}$).

Il convient donc d'augmenter le plus possible le couple moteur aux dépens de la vitesse. Or l'effet moteur est proportionnel à l'intensité du champ magnétique et à l'intensité du courant; on doit alors avoir recours à l'emploi de courants de grande intensité et de champs magnétiques le plus puissants possible.

En outre, l'intensité du champ magnétique étant une fonction croissante de l'intensité du courant, il convient de faire passer dans les inducteurs les courants de plus grande intensité possible, c'est-à-dire de faire usage de machines à excitation en circuit de préférence aux machines à excitation en dérivation. Du reste, on n'a guère employé jusqu'ici que le premier système dans la pratique.

L'intensité d'un champ magnétique est représentée par un faisceau de lignes de force qu'il s'agit de concentrer le plus possible sur la trajectoire des fils de l'induit. C'est là le rôle du noyau de l'armature qui est particulier à chaque système de moteurs.

Dans la machine Gramme, ce noyau est un anneau, dans celle de M. Hefner von Alteneck c'est un tambour.

On pourrait, en partant des recherches expérimentales du docteur Fröhlich, chercher, par la méthode de M. Thompson, quelles sont les meilleures conditions *théoriques* d'établissement des machines électriques à excitation en circuit. Soient :

r la résistance du fil des inducteurs;

n le nombre des spires;

l la longueur moyenne de ces spires;

s leur section;

Digitized by Google

V leur volume total;

R la résistance du circuit extérieur;

E la force électromotrice de la machine développée dans l'anneau.

On appliquera la même notation accentuée à l'induit.

On a dès lors :

$$E = (R + r + r')\,I.$$

Le travail produit par la machine est, en négligeant le travail absorbé par les courants parasitaires et les frottements :

$$T = EI = (R + r + r')I^2.$$

Le travail absorbé par la machine :

$$t = (r + r')\,I^2.$$

Il s'agit de rendre le rapport $\frac{t}{T}$ minimum ou $\frac{T}{t} = \frac{R + r + r'}{r + r'}$ maximum.

La force électromotrice produite par la machine est :

$$E = n' M v.$$

Or d'après les expériences de M. Fröhlich :

$$M = n^{\frac{3}{4}} \frac{I}{a + bI} = n^{\frac{3}{4}} f(I).$$

Donc $$E = n' n^{\frac{3}{4}} f(I)\, v.$$

F (I) est une fonction indépendante de la résistance des fils des électros, elle dépend de leur forme et de celle de la machine en général :

On a $$V = nls \quad \text{et} \quad r = \frac{nl}{s}.$$

D'où $$\sqrt{r} = n^2 l^2.$$

Donc n est proportionnel à $\sqrt{r}$ pour un volume déterminé.

De même n' est proportionnel à $\sqrt{r'}$.

Digitized by Google

On a dès lors, en laissant de côté les constantes qui ne nous intéressent pas dans ce cas de maximum :

$$E = r'^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{8}} f(I) v.$$

D'où $$R + r + r' = r'^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{8}} \frac{f(I)}{I} v.$$

Il y a donc à chercher le maximum de :

$$\frac{R + r + r'}{r + r'} = \frac{r'^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{8}}}{r + r'} f(I) \frac{v}{I},$$

ou celui de $$\frac{r'^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{8}}}{r + r'}.$$

En désignant par ρ la résistance totale de la machine il faut chercher le maximum de :

$$\frac{(\rho - r)^{\frac{1}{2}} r^{\frac{3}{8}}}{\rho};$$

qui a lieu pour $$\frac{\rho - r}{\frac{1}{2}} = \frac{r}{\frac{3}{8}} \text{ d'où } r = \frac{3}{7}\rho \text{ et } r' = \frac{4}{7}\rho;$$

c'est-à-dire que la résistance de l'induit est les $\frac{3}{4}$ de celle des inducteurs.

Il faut bien remarquer que ceci est le résultat d'une opération algébrique incomplète dans laquelle on a négligé l'action des courants de Foucault qui diminuent le champ magnétique dans les générateurs électriques et le renforcent au contraire dans les moteurs.

De son côté M. S. Thompson a supposé que la puissance du champ magnétique était proportionnelle au nombre de spires des inducteurs, et il a trouvé que la résistance de l'induit devait être égale à celle des inducteurs. Comme en général, ajoute-t-il, l'intensité du champ magnétique dépend principalement du fer doux de l'inducteur et relativement peu du fer doux de l'armature mobile ou du fer aimanté par le courant qui parcourt les bobines mobiles, dans la plupart des cas, toutes choses égales d'ailleurs, sa valeur diminuera pour un accroisse-

Digitized by Google

ment de la résistance de l'induit et une diminution de celle des inducteurs. La résistance de l'induit doit donc être un peu inférieure à celle des inducteurs. D'après l'expérience et la sélection naturelle, on a été conduit, dans la plupart des machines dynamo-électriques telles qu'on les construit actuellement, à donner aux électro-aimants inducteurs une résistance un peu plus faible que celle de la bobine induite.

En envoyant un courant de force électromotrice donnée dans une machine électrique, l'énergie fournie par ce courant n'est pas totalement transformée en travail utile; la machine en absorbe une certaine partie, soit à l'état calorifique par l'action du courant sur le circuit de la machine, soit par les courants parasitaires développés dans l'anneau, soit enfin par les travaux de frottement des divers organes.

Le rendement des machines électriques a été déterminé expérimentalement à plusieurs reprises. Il paraît le même pour les générateurs et les moteurs électriques. La Commission de l'Exposition d'électricité de Paris en 1881 a trouvé pour des machines produisant de 20 à 25 chevaux un rendement oscillant entre 80 et 95 pour 100 dans les conditions de marche normale. Les expériences de M. Deprez au chemin de fer du Nord ont donné 87 pour 100 pour les machines employées produisant de 4 à 8 chevaux.

Toutes ces expériences ont été faites dans des conditions d'installation exceptionnelles quant aux soins que l'on y apportait; aussi plusieurs ingénieurs disent que, dans la pratique industrielle, il ne faut pas compter sur un rendement supérieur à 70 pour 100.

Il faut remarquer que ce chiffre ne représente pas du tout le rendement de la locomotive dans lequel il faudrait faire intervenir le travail absorbé par les résistances des organes intermédiaires et du véhicule.

Les applications de traction électrique effectuées jusqu'ici, limitées généralement à des tramways, n'ont employé que de petits moteurs de 6 à 7 chevaux au maximum. Pour la traction des trains ordinaires de chemin de fer ces machines seraient absolument insuffisantes; il en serait de même des machines électriques que l'on a construites couramment jusqu'ici, à moins

Digitized by Google

de commander un même essieu au moyen de plusieurs machines. Mais il semble que cette solution ne soit qu'un artifice peu satisfaisant.

Non seulement les grands moteurs paraissent présenter des avantages considérables au point de vue de leur rendement propre, mais il faut aussi éliminer le plus possible d'organes intermédiaires afin d'augmenter le rendement total.

L'industrie ne nous offre pas beaucoup de machines électriques puissantes. L'Exposition de Vienne nous en montre une de la force de 50 chevaux exposée par la *Compagnie électrique* de Paris. C'est une machine Gramme à quatre pôles pesant environ 3000 kilogrammes, ayant une résistance intérieure de 8 ohms; elle produit 50 chevaux à la vitesse de 850 tours par minute.

Il est vrai que, outre sa grande machine de 100 chevaux, M. Edison nous a promis par la bouche d'un reporter américain une locomotive électrique produisant 375 chevaux indiqués; elle aurait des roues de $1^m,80$ de diamètre et remorquerait huit ou dix voitures à voyageurs à la vitesse de 40 ou 50 milles à l'heure. Il est fort probable que nous devrons l'attendre quelque temps encore.

R. Séguéla. (*A suivre.*)

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Le télégraphe, le téléphone et le public. — L'Administration des postes ayant le monopole des télégraphes et du téléphone, il peut être intéressant de savoir quelles sont, en dehors du service télégraphique ordinaire, les relations de l'Administration avec le public, en matière de télégraphie privée et de téléphonie.

Le Post-Office entreprend l'établissement et le maintien de lignes privées, entre la maison d'affaires ou la résidence d'une firme ou d'un particulier et un bureau de télégraphe, ou entre deux ou plusieurs maisons d'affaires ou résidences, dans les conditions spécifiées dans les tables A et B ci-après (page 504).

La connexion d'un particulier, au moyen d'un fil privé, avec un bureau de télégraphe lui permet d'expédier et recevoir ses dépêches

Digitized by Google

télégraphiques, sur tout le réseau du pays et à l'étranger par l'intermédiaire du bureau télégraphique, et sans le secours d'aucun messager, tout en lui donnant le privilège d'expédier par fil, au bureau télégraphique, des dépêches destinées à être transmises comme *lettres* par le bureau de poste.

Dans toutes les villes où le nombre des abonnés est suffisamment important, le Post-Office est disposé à fournir les moyens de réunir à volonté les fils de deux abonnés quelconques, de manière à permettre auxdits abonnés de communiquer directement entre eux sans la nécessité d'une répétition au bureau postal télégraphique. Ce système est communément appelé Station téléphonique (*Telephone Exchange*).

Les conditions du service privé sont les suivantes :

a. *Un instrument dans un bureau télégraphique postal autre part qu'à Londres.* — Pour location d'un pupitre, service d'employé, et si l'instrument n'est pas sur une ligne de *Telephone Exchange*, par an, 131fr,25.

b. *Distribution de dépêches locales.* — Une somme de 0fr,30 est exigible pour la distribution, dans un rayon de 1610 mètres du bureau de poste auquel aboutit le fil privé ; au delà de cette distance, la taxe ordinaire de distribution est appliquée. Les dépêches locales, adressées à l'abonné, lui sont communiquées gratuitement par le fil privé, et celles dont livraison est prise au bureau postal télégraphique, sont remises gratuitement.

c. *Dépêches devant être réexpédiées comme lettres.* — Ces dépêches sont soumises à une taxe de 10 centimes si elles parviennent au bureau postal télégraphique avant l'heure de la fermeture au public de la boîte aux lettres. Dans le cas où tout en parvenant après ladite fermeture, elles arriveraient avant l'expiration du délai accordé pour les affranchissements supplémentaires, la taxe prélevée est de 30 centimes. Dans les deux cas, l'affranchissement ordinaire est, naturellement, compté en plus.

d. *Durée du contrat.* — Un traité de trois ans, résiliable par un congé de trois mois, doit être passé, pour les cas ordinaires. Dans le cas de lignes de constructions coûteuses, la durée du traité ne peut être moindre de cinq à sept années.

e. *Payement de la location.* — Le payement de la location doit, dans tous les cas, avoir lieu annuellement, et d'avance.

f. *Dépôt de garantie.* — Un dépôt, pour couvrir les taxes ci-dessus mentionnées, est exigé, lorsqu'un fil privé est relié à un bureau postal.

Enfin, l'Administration entreprend aussi de fournir l'heure de l'Observatoire, au moyen du courant électrique, à chaque heure de la

Digitized by Google

A. — Location d'un fil privé

NATURE DU FIL.	PAR KILOMÈTRE ET PAR AN		OBSERVATIONS.
	A Londres.	Autres parties du royaume	
	francs	francs.	La location minimum est généralement pour un mille (1610 mètres) la distance augmentant par quart de mille, et les distances au-dessous d'un quart de mille étant comptées comme quarts. — Ces prix peuvent être variés par l'Administration.
1. Sur les maisons (aérien) ou souterrain.	124	109	
2. Sur les routes	93	75	
3. Sous l'eau	Prix spécial suivant les circonstances.		

B. — Location d'instruments, etc.

CONDITIONS.	A, B, C par jeu de 1 communicateur 1 indicateur et 1 sonnerie.	1 aiguille simple et 1 batterie.	1 imprimeur et 1 batterie.	Téléphone par jeu de 1 transmetteur 1 récepteur 1 sonnerie 1 batterie.
	LOCATION PAR ANNÉE			
1. Si loué à l'Administration, par année[1]. .	fr. 150,00 sonnerie extra 25,05	fr. 75,00[2]	fr. 250,00[2 3]	fr. 100,00 sonnerie extra 25,00
2. Si la propriété du locataire, par année. .	87,50 sonnerie extra 18,75	62,50[2]	187,50[2 3]	»

[1] Ce prix comprend l'entretien, les réparations, remplacements, dans chaque cas.
[2] Chargement des batteries inclus.
[3] Fourniture de papier ruban inclus.

Nota. — Des commutateurs ordinaires sont fournis sur demande et entretenus, par l'Administration, à une location annuelle de 12fr,50 par appareil. Tout commutateur spécial, fait pour convenir à des besoins particuliers, sera l'objet d'un tarif spécial.

ABONNEMENT A UN TELEPHONE EXCHANGE AUTRE PART QU'A LONDRES

	mètres.	fr. c.
Fil simple n'excédant pas	805.	362 50
— —	1610.	450 »
Fil double n'excédant pas	402.	362 50
— —	805.	406 25
— —	1610.	537 50

Digitized by Google

journée, à Londres, et soit à dix heures ou une heure, dans les villes de province, dans les conditions ci-après :

A LONDRES

1. — Pour un signal par heure, dans un rayon de 3220 mètres de la poste centrale (General Post Office), y compris l'usage du fil nécessaire . . . . . fr. 375 »

2. — Si la distance excède 3220 mètres, le coût de l'abonnement est augmenté, suivant la distance, dans les conditions du tarif A ci-dessus des fils privés.

DE LONDRES EN PROVINCE

	Signal à 10 h. mat.	1 h. soir.
Location et entretien du fil privé, inclus, du bureau postal télégraphique central local à la maison de l'abonné, distance de 402 mètres	fr. 500	fr. 675
805 —	550	725
1207 —	400	775
1610 —	425	800

Si la ligne privée excède 1610 mètres, l'abonnement coûtera 250 francs pour le signal de dix heures, et 625 francs pour celui d'une heure; plus, dans les deux cas, une taxe proportionnelle à la distance et réglée d'après le tarif A pour locations de fils privés.

L'appareil récepteur du signal doit être établi aux frais de l'abonné, et approuvé par l'ingénieur en chef de l'Administration.

L'Administration se réserve de fournir le courant horaire dans les cas seulement où les arrangements postaux télégraphiques existants permettraient de le faire d'une façon satisfaisante.

Éclairages électriques. — Les éclairages électriques se multiplient dans de telles proportions et sont devenus si communs dans ce pays, que nous avons, depuis longtemps déjà, cessé d'en faire mention; nous citerons cependant les suivants, qui présentent un certain intérêt ou offrent certaines particularités dignes de mention.

Éclairage de la gare de Brighton. — Une nouvelle et superbe gare est, depuis quelque temps, en voie de construction dans la ville constamment croissante en population et embellissement de Brighton, et la compagnie du chemin de fer de « London Brighton and South Coast » a décidé de l'éclairer électriquement. Nous ne savons si cet éclairage est expérimental ou définitif, le nom d'un grand spéculateur se trouvant mêlé à cette entreprise.

Éclairage d'une église. — L'église de Saint-Matthew's, à Brixton, faubourg de Londres, est éclairée, le dimanche, avec quatre foyers à arc et 60 à incandescence, l'entrepreneur utilisant ainsi une instal-

Digitized by Google

lation qui lui sert la semaine à faire de la distribution d'éclairage sur une petite échelle et qui autrement resterait sans emploi le dimanche.

Éclairage d'un train. — Le 25 octobre avait lieu, sur la ligne du « Great Northern Railway », une expérience d'éclairage électrique au moyen d'une pile primaire inventée par MM. Holmes, Burke et Cheeswright; d'après les inventeurs, le prix d'entretien de cette pile ne dépasserait pas le huitième du coût de l'entretien des autres piles connues.

L'expérience en question consistait dans l'éclairage d'un salon à manger de « Pullmann-car » au moyen de six lampes à incandescence Swan (on ne dit pas de quelle puissance lumineuse).

La batterie requise se composait de 12 éléments et présentait les dimensions suivantes : longueur $1^{m},20$; largeur $0^{m},20$; hauteur $0^{m},20$; elle pesait 68 kilogrammes, soit $11^{kil},330$ pour chaque lampe. Toujours d'après les inventeurs, une batterie capable d'alimenter 18 lampes (d'une puissance lumineuse inconnue) pendant dix-huit heures pèserait environ 150 kilogrammes, soit $8^{kil},600$ par lampe. La lumière pouvait être éteinte et rallumée à volonté, ce qui n'a de rien particulier. Enfin les inventeurs expriment l'opinion, plus même, la conviction, qu'ils seront prochainement en mesure d'éclairer les maisons privées à meilleur marché que les prix récemment demandés par les compagnies Edison et Gülcher. A quand le prospectus?

Éclairage de la City. — La commission d'éclairage électrique de la Corporation vient de présenter un rapport dans lequel elle expose que les propositions des différentes compagnies, provoquées par la Corporation en vue de les assimiler aux licences à demander par celle-ci, sont tellement vagues et peu satisfaisantes, qu'il a été impossible d'arriver avec elles à aucun arrangement définitif, si ce n'est avec la compagnie Edison et la compagnie Gülcher.

La compagnie Edison propose de faire un contrat pour l'éclairage d'Holborn Viaduct (actuellement et depuis deux années éclairé par elle) et le General Post Office, et de fournir aux lampes publiques, dans cette circonscription, l'éclairage au même prix que celui compté par la compagnie du gaz. Aux consommateurs privés, elle propose de compter un maximum de $0^{fr},90$ (9 pence) par unité. (1000 volt-ampère-heure.)

La compagnie Gülcher propose l'éclairage obligatoire d'un certain district comprenant Bishopsgate street, de Threadneedle street à Houndsditch, et Aldgate High street; elle suggère aussi un district facultatif. Pour l'éclairage des rues, le prix *maximum* serait de $31^{fr},25$ par trimestre, pour chaque lampe Crooke de 20 candle power

Digitized by Google

(nominal): 58 francs pour chaque lampe de 40 candle power (nominal toujours). Pour chaque foyer à arc Gülcher, de 2000 candles (nominal) ladite compagnie réclame, par trimestre, 312fr,50. Pour l'éclairage privé, le prix serait de 0fr,85 par unité. Pour conduire les fils dans les maisons, la compagnie compterait chaque lampe Crooke 6fr,25 et, en addition, l'abonné aurait à payer la pose à raison de tant par mètre, dépendant de la quantité de lampes et des difficultés de ladite pose.

La compagnie estime que, pour ce qui concerne l'éclairage public, elle fournira, au prix actuel du gaz, 30 pour 100 de lumière en plus.

Les « commissioners of the City Sewers », trouvant les offres de ces deux compagnies raisonnables, recommandent qu'elles soient adoptées, à la condition que lesdites compagnies fournissent des garanties suffisantes pour l'exécution de leurs contrats.

Society of Telegraph Engineers and electricians. — La soirée annuelle ou « Conversazione » donné par le président de la « Society of telegraph Engineers and electricians » a eu lieu le jeudi 1er novembre, dans les galeries du « South Kensington Museum », les autorités de cet établissement l'ayant gracieusement mis, pour cette circonstance, à la disposition du président, M. Willoughby Smith.

Le président, entouré des membres du conseil, recevait les invités à leur arrivée. Ceux-ci au nombre d'environ 800 ont apprécié le plaisir de se montrer sous des auspices aussi aimables, un excellent orchestre et un buffet garni ajoutant aux charmes de la soirée. Nombres de célébrités électriques s'y trouvaient.

La session 1883-1884 s'est ouverte le jeudi 8 novembre par une conférence du président, M. Willoughby Smith, sur l'induction volta-électrique, illustrée par de nombreuses expériences. J.-A. Berly.

APPAREILS MAGNÉTIQUES DE M. MASCART

APPAREILS A LECTURE DIRECTE (*Suite* [1]).

GRADUATION

Déclinomètre. — La détermination de la valeur angulaire d'une division de l'échelle du déclinomètre se fait au moyen de l'image fixe. On commence par lire la division du cercle inférieur qui correspond

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er novembre, n° 62. p. 416 et n° 63, p. 445.

Digitized by Google

à la position normale, et on note les divisions qui se correspondent sur l'image fixe et l'image mobile, puis on tourne la cage d'un angle α, on lit de nouveau le cercle, puis les divisions correspondantes des deux échelles. Après avoir ramené la cage en position, on la tourne dans l'autre sens, d'un angle à peu près égal, et on fait les mêmes lectures. Si le couple de torsion du fil est négligeable, le miroir mobile est resté dans une direction invariable; l'angle dont on a tourné la cage est mesuré sur le cercle, et on connaît le déplacement de l'image par la différence des lectures sur les deux échelles. On ramène enfin le miroir fixe à sa position primitive.

Si la torsion du fil n'est pas négligeable, le barreau mobile ne se tient pas toujours dans le méridien magnétique, il reste donc à faire une correction relative à la torsion du fil; cette correction est d'ailleurs très petite, et souvent négligeable ; toutefois il convient de s'en assurer, comme on le verra ci-après. Cette expérience se fera, autant que possible, vers huit heures du matin ou une heure du soir, c'est-á-dire aux instants où les variations de la déclinaison sont les plus faibles.

Pour déterminer le couple de torsion du fil, ou plutôt le rapport de ce couple à celui que produit l'action de la terre, on lit sur l'image mobile, le barreau étant en position d'équilibre, la division ou la fraction de division qui correspond au réticule de la lunette; on tourne ensuite le cercle supérieur d'un angle déterminé, par exemple de 90° ou 180°, et on fait une nouvelle lecture, qui différera généralement de la première. Après avoir ramené le cercle supérieur à sa position primitive, on le tourne de même de l'autre côté, et on fait une troisième lecture, qui doit être sensiblement symétrique de la seconde. La différence entre les lectures de l'échelle mobile mesure l'influence de la torsion du fil pour l'angle correspondant. On en déduit le coefficient de torsion pour une division de l'échelle.

Un autre moyen employé par M. Mascart consiste à approcher de la boussole un barreau aimanté, et à obliger l'aimant du déclinomètre à exécuter un mouvement de rotation complet autour du fil de suspension; la différence des lectures de l'échelle sur l'image mobile mesure l'influence de la torsion du fil pour 360 degrés. Ce deuxième procédé exige quelque habileté pour que l'aimant s'arrête après une seule rotation, et pour le ramener en place; mais il a l'avantage de permettre une détermination précise de la torsion du fil sans qu'il soit nécessaire de toucher en rien à l'appareil, et sans faire usage du cercle supérieur.

La graduation du déclinomètre permettra ensuite de graduer les deux autres instruments. On commence par placer la règle de com-

Digitized by Google

paraison derrière le déclinomètre, dans le méridien magnétique, en amenant le butoir en contact avec le bord du cercle inférieur de l'appareil, l'aimant déviant étant dans une position horizontale. On dispose d'ailleurs la règle de telle façon que les deux aimants soient à la même hauteur.

La position du chariot sur la règle ne peut être indiquée à l'avance, elle dépend du moment magnétique de l'aimant déviant; en employant un barreau de 4 centimètres de longueur, on pourra placer le chariot et le fixer vers la division 25 de la règle. Le barreau du déclinomètre déviera d'un certain angle sous l'influence de l'aimant déviant; lorsqu'il sera arrivé à peu près au repos, on lira la division de l'échelle, d'où on déduit la déviation angulaire correspondante α'; on tourne ensuite bout par bout l'aimant déviant, et le barreau du déclinomètre éprouve, de l'autre côté, une déviation α''.

En désignant l'angle moyen $\frac{\alpha' + \alpha''}{2}$ par α, appelant F la force exercée par le barreau déviant à la distance D, et Il la composante horizontale du champ magnétique terrestre, on a :

$$\text{tang}\,\alpha = \frac{F}{H} = \lambda$$

ou :

$$F = H\,\text{tang}\,\alpha\,\lambda\,H$$

Cette force F est donc une fraction connue λ de la composante horizontale.

Bifilaire. — On apporte ensuite la règle de comparaison près du bifilaire, dans le prolongement du barreau de cet appareil, c'est-à-dire dans un plan perpendiculaire au méridien magnétique, et à la même distance D : l'aimant déviant étant encore dans une position horizontale, l'image mobile se dévie d'un certain nombre de divisions ; c'est alors que l'on peut juger de la sensibilité de l'appareil. Pour que le bifilaire soit suffisamment sensible, il convient que les déviations produites par l'aimant déviant soient à peu près les mêmes que pour le déclinomètre. On réglera cette sensibilité en éloignant ou en rapprochant les fils de suspension, au moyen de la vis T', jusqu'à ce que l'expérience soit dans les conditions voulues. Ce résultat étant obtenu, on lit la division à laquelle se fixe le barreau, lorsque l'aimant déviant est dans sa première position, puis on tourne bout pour bout l'aimant déviant; la déviation change de sens, et on fait une nouvelle lecture de l'échelle. La demi-différence des deux lectures donne le nombre moyen m de divisions de l'échelle qui correspond à l'action de l'aimant dé-

Digitized by Google

viant, à la distance D. Comme le barreau déviant se trouve cette fois dans le méridien magnétique, le retournement bout pour bout élimine l'induction que la terre pourrait produire sur ce barreau.

Cette force auxiliaire étant une fraction connue λ de la composante horizontale, une division de l'échelle correspond à une fraction $\frac{\lambda}{m}$ de la composante.

Balance. — On apporte enfin l'aimant déviant en arrière de la balance et à la même distance D, en le plaçant verticalement. La déviation observée donne une idée de la sensibilité de l'appareil; on règle cette sensibilité, s'il y a lieu, en élevant ou en abaissant l'écrou T' fixé à la tige verticale qui surmonte l'aiguille de la balance. On sera dans de bonnes conditions si la déviation est sensiblement la même que pour le déclinomètre.

Lorsque la balance aura reçu le degré voulu de sensibilité, on procédera à la graduation proprement dite. L'aimant déviant étant vertical, on fait une première lecture lorsque l'aiguille est en équilibre; on tourne ensuite de 180 degrés le cercle qui porte le barreau déviant et on fait une seconde lecture. La demi-différence de ces deux lectures mesure, en divisions de l'échelle, la déviation moyenne δ produite par l'aimant déviant à la distance D.

En plaçant ainsi un aimant déviant dans le voisinage de la balance, on ajoute à la composante verticale la force λH, ou, en appelant I l'inclinaison,

$$\lambda \frac{H}{Z} Z = Z \lambda \cot I.$$

Si l'échelle se déplace de n divisions, la fraction de la composante verticale à laquelle correspond le déplacement d'une division est égale à

$$\frac{\lambda}{n} \cot I;$$

il est, du reste, suffisant, pour cette graduation, de connaître la valeur approchée de l'inclinaison I.

Il peut arriver que la règle de comparaison ne puisse pas être placée exactement dans la position que nous venons d'indiquer. Supposons, par exemple, qu'il n'y ait pas, derrière la balance, ou sur les côtés du bifilaire, d'espace disponible pour y placer la règle; comme l'échelle divisée empêche que l'on prenne la position symétrique à l'avant, on est obligé d'adopter une position qui fait un certain angle α avec la position réglementaire. La déviation observée n' diffère dans

Digitized by Google

ce cas de la déviation n qu'on aurait obtenue en se plaçant convenablement; on a alors :

$$n = \frac{n'}{\cos \alpha}$$

Ces expériences doivent nécessairement être faites aussi rapidement que possible, et dans une époque de calme magnétique; pour accélérer les observations, on amortit les oscillations des barreaux au moyen d'un aimant auxiliaire tenu à la main et qu'on éloigne avant chaque lecture.

Les coefficients de température peuvent être déterminés, soit par la discussion des observations, soit par des mesures absolues faites à des époques différentes.

La sensibilité des appareils une fois établie, on doit s'y tenir autant que possible, et ne la modifier qu'en cas d'absolue nécessité. Quant aux graduations, il convient de les renouveler fréquemment, au moins chaque mois, afin de vérifier la valeur d'une division des échelles.

UNE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ A SAINT-ÉTIENNE

Nous avons cru intéressant de donner quelques détails sur cette distribution d'électricité, la première peut-être qui ait été effectivement appliquée en France, par la *Lyon's Electrical Power Storage C°*. Il s'agit d'ailleurs d'une installation limitée jusqu'à présent à un quartier, ou plutôt à quelques maisons seulement de la ville de Saint-Étienne, et il ne faudrait pas y voir encore une solution complète dans toute l'acception du mot du problème si difficile de la distribution de l'électricité; mais, même dans ces proportions restreintes, c'est un exemple très curieux à signaler, et qui pourrait sans doute être imité avantageusement dans bien des cas.

La force motrice est empruntée à une roue hydraulique actionnée par une chute d'eau dérivé du Furens qui coule, comme on sait, à Saint-Étienne; l'atelier est situé rue du Bas-Vernay dans un sous-sol voisin du bief du même nom. Ce moteur était utilisé déjà par le propriétaire de l'atelier M. Breuil, et lui fournit encore d'ailleurs la force nécessaire pour actionner des machines servant à l'aiguisage et au forage des canons de fusil, il a pu fournir en outre une force supplémentaire de trois chevaux et demi environ qui a été appliquée à la production

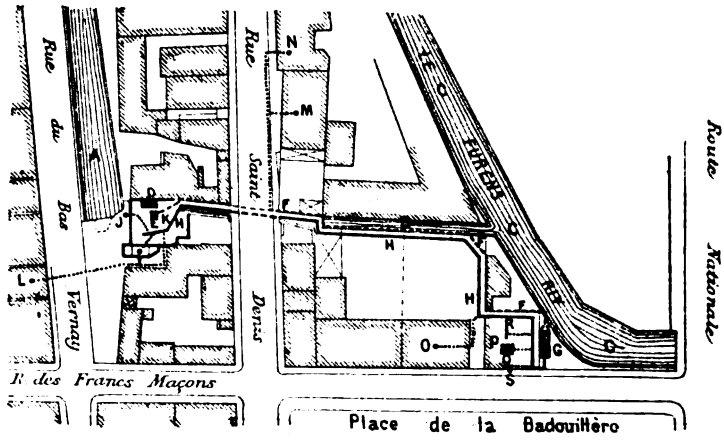
Digitized by Google

de l'électricité. La roue hydraulique commande directement, à cet effet, une machine dynamo-électrique Siemens du type D^2.

La figure ci-dessous donne le plan de la distribution : deux câbles conducteurs F partent de la machine dynamo en longeant le déversoir et traversant la rue Saint-Denis pour se rendre au local du café du Square, place de la Badouillère, dans lequel sont placés des accumulateurs G disposés en quatre batteries. Une seconde conduite H part des accumulateurs pour revenir à l'usine en transportant sur tous les points qu'elle traverse l'électricité emmagasinée dans ces accumulateurs. C'est de cette conduite que partent les embranchements dirigés, comme l'indique le plan, vers chacune des habitations desservies.

Cette installation comprend :

1° Dans l'atelier même et la pièce au-dessus en *k* deux lampes à incandescence avec un réverbère au dehors ;



Plan d'une distribution d'électricité à Saint-Étienne.

2° En L, un moteur de la force d'un tiers de cheval faisant fonctionner un métier à rubans de velours ;

3° Une lampe en chacun des points M et *m*, deux en O, et enfin, au café du Square, en P, un lustre de 18 lampes, une suspension de 4 lampes dans la salle de billard, une lampe portative et un réflecteur extérieur.

Il faudrait y ajouter 3 autres lampes dont la position n'est pas indiquée, ce qui fait en tout 34 lampes à incandescence du type Swan et le petit moteur.

La distribution ainsi installée s'étend sur une superficie de 5000 mètres carrés environ, la longueur des cables et des fils de dérivation

Digitized by Google

est de 1200 mètres, la distance de l'atelier au café du Square est de 130 mètres.

La machine dynamo fournit 51 volts et 30 ampères. La force hydraulique de trois chevaux et demi qui l'actionne est insuffisante pour lui permettre d'assurer le service dans de bonnes conditions, elle a trop de tension et pas assez de quantité pour être employée directement sur les lampes; néanmoins, grâce à l'emploi des accumulateurs, on arrive à éclairer à la fois les 34 lampes et faire fonctionner le petit métier, ce qui exigerait une force motrice de cinq chevaux et demi si les lampes et le métier étaient actionnés directement et simultanément par la machine dynamo.

Les accumulateurs ont 12 lames et pèsent 40 kilogrammes; ils sont au nombre de 80.

Le service de l'éclairage proprement dit en occupe 69 qui sont divisés en trois séries de 23 éléments chacune, le métier occupe une quatrième série de 7 éléments, et les 4 autres qui ne sont pas encore utilisés jusqu'à présent servent seulement au remplacement des premiers.

Pour la charge, ces accumulateurs sont divisés en quatre séries de 20, la charge normale dure pendant trente heures, ce qui, avec un courant de 30 ampères, représente 3 240 000 coulombs par série.

Les 69 éléments disposés en trois séries et appliqués à l'éclairage ont donc reçu pendant la charge 2 460 000 coulombs. D'après les renseignements fournis par la Société, la décharge aurait lieu régulièrement en fournissant un courant de 45 ampères pendant quatorze à quinze heures, et elle restituerait ainsi 2 268 000 coulombs, soit 88 pour 100 de la quantité d'électricité fournie pendant la charge.

En réalité, la charge utile est loin d'être épuisée, car l'éclairage ne dure guère que six heures, à partir de six heures et demie du soir jusqu'à minuit et demi, et comme chaque lampe demande 1,2 ampère, on voit que la dépense totale est de 881 280 coulombs, elle est donc bien inférieure à la capacité des accumulateurs.

On se borne, par suite, à remplacer pendant la nuit et pendant les heures inoccupées du jour ce qui a été dépensé pour l'éclairage de la veille, et quand la force ainsi occupée redevient libre, elle est employée pour les travaux mécaniques de l'atelier. L. B.

Digitized by Google

NOUVEAUX MODÈLES D'ACCUMULATEURS

Sur les indications de M. Émile Reynier, M. A. Simmen vient d'établir trois modèles de piles secondaires, qui paraissent solidement construits.

L'accumulateur *genre Planté* (fig. 1), comporte 3 électrodes en

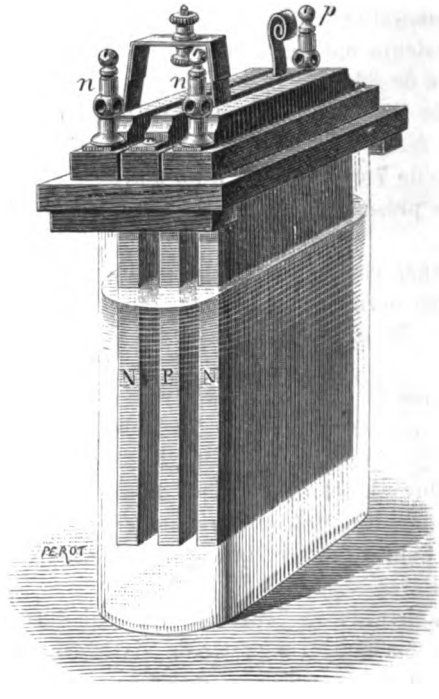


Fig. 1. — Accumulateur genre Planté.

plomb, semblables entre elles. Chacune de ces électrodes est constituée par une feuille longue et mince, plissée et ajourée, soudée à sa partie supérieure dans une monture de laiton, laquelle est fixée sur une traverse en bois paraffiné. C'est l'électrode centrale, P, qui est positive; les deux électrodes latérales négatives N, N, sont reliées entre elles en dehors du récipient, qui contient de l'eau acidulée sulfurique. L'appareil complet pèse environ 12 kilos.

L'accumulateur *au cuivre*, qui affecte à peu près le même aspect exté-

Digitized by Google

rieur (fig. 2), ne pèse que 7 kilos. Il est monté avec une électrode positive centrale, P, en plomb plissé, *formée* par le procédé Planté; mais ses lames latérales négatives, N, N, sont des feuilles de plomb lisse, *cuivrées* par l'électrolyse de la solution de sulfate de cuivre acidulée contenue dans le vase de verre.

L'accumulateur *au zinc* ne diffère du précédent que par la substitution du sulfate de zinc au sulfate de cuivre.

La capacité d'accumulation est la même pour les trois modèles : 125 000 coulombs environ, après mille heures de formation.

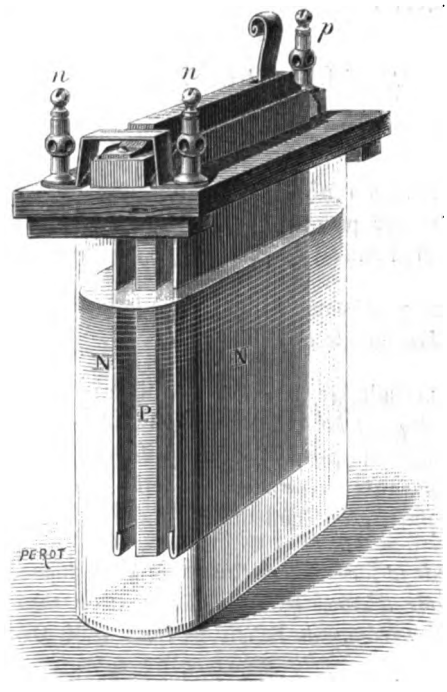


Fig. 2. — Accumulateur zinc-plomb ou cuivre-plomb.

Mais l'énergie emmagasinée est, pour chaque combinaison, proportionnelle à la f. e. m., qui est de 2 volts pour le Planté, 1,7 volt pour l'accumulateur au cuivre, et 2,3 volts pour la pile secondaire au zinc.

Celle-ci perd beaucoup par l'attaque locale du zinc; aussi est-elle proposée pour faire surtout fonction de *voltamètre régulateur*. Comme accumulateurs proprement dits, les deux autres modèles doivent être préférés.

Digitized by Google

La résistance moyenne de ces piles est environ 0,04 ohm ; elles peuvent travailler régulièrement à l'intensité de 10 ampères : ce sont des accumulateurs *à faible débit*. Ils sont donc impropres à la traction électrique et au transport de l'énergie, mais ils pourront prendre place dans les installations fixes, où la solidité et la durée sont des qualités qui priment toutes les autres.

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 5 novembre 1883.

Les *Comptes rendus* renferment les discours prononcés aux funérailles de M. Breguet par M. *Janssen*, au nom de l'Académie des sciences, et par M. l'amiral *Cloué*, au nom du Bureau des longitudes.

M. Th. du Moncel présente à l'Académie la troisième édition de son ouvrage sur l'*Éclairage électrique*.

M. G. Cabanellas adresse une note intitulée : *Extension de la première loi de Kirchhoff : La somme des courants qui entrent dans toute proportion d'un système quelconque en équilibre dynamique est égale à la somme des courants qui sortent de cette proportion du système.* (Renvoi à la Commission précédemment nommée.)

Sur le potentiel de la force d'induction due à un solénoïde fermé, dont le courant varie d'intensite. Analogie avec un théorème d'électromagnétisme. Expérience de Felici. — Note de M. Quet. (Extrait.)

Felici a trouvé, par expérience, qu'un solénoïde fermé induit les conducteurs voisins, lorsque son courant varie d'intensité. Ce phénomène intéressant et imprévu a suggéré à l'auteur l'idée d'établir la théorie générale de ces sortes de solénoïdes, et il a été conduit au théorème suivant :

Le potentiel de la force d'induction due à un solénoïde fermé et dont le courant varie d'intensité est proportionnel, toutes choses égales d'ailleurs, à l'angle sous lequel la directrice est vue du point d'application de la force.

Les *Comptes rendus* donnent la démonstration complète de ce théorème.

Digitized by Google

Sur un nouveau galvanomètre apériodique. — Note de M. G. Le Goarant de Tromelin.

Si l'on ajoute une troisième aiguille aimantée à un galvanomètre astatique, de telle sorte que cette dernière soit au-dessous du cadre et parallèle aux deux autres, et que ses pôles soient de noms contraires à ceux de l'aiguille qui est au-dessus d'elle, on obtient un galvanomètre dont la sensibilité est à peu près triplée, et qui conserve une force directrice. On peut renverser la disposition : rendre le cadre mobile, dans lequel le courant arriverait par le fil de suspension, et laisser les aiguilles fixes.

Les considérations qui précèdent m'ont conduit à imaginer un *galvanomètre apériodique*, que j'ai exposé à l'Exposition d'électricité de Vienne. Un modèle plus parfait a depuis été construit par la maison Breguet; en voici la description :

Dans l'instrument cité, on conserve les six pôles, mais ces pôles sont formés par trois aimants en fer à cheval, à branches très rapprochées. Ces trois aimants fixes sont placés horizontalement, l'un au-dessus de l'autre, à une distance de $0^m,005$. Le cadre entoure les deux pôles de l'aimant du milieu, avec un jeu suffisant pour lui permettre d'osciller librement et d'obtenir 20 degrés de déviation de chaque côté. Le fil de ce petit cadre très léger est perpendiculaire à l'axe des aimants, et le courant y arrive par le fil de suspension, comme dans le siphon-recorder de Sir W. Thomson et autres cadres analogues[1].

Si l'on met en communication ce galvanomètre avec les deux bornes d'un téléphone dont on a enlevé la plaque vibrante, il suffit, pour faire dévier le cadre, de laisser tomber sur le pôle de l'aimant du téléphone un petit morceau de limaille de fer de quelques milligrammes. Cet exemple suffira pour faire apprécier sa sensibilité.

Il est complètement apériodique, c'est-à-dire que, si les deux bornes de ce galvanomètre sont réunies par un fil peu résistant, le cadre ayant été dévié de sa position, il s'arrête au zéro sans le dépasser.

Si l'on examine la position des lignes de force, par rapport aux quatre côtés du cadre, on voit que l'induction électro-magnétique se produit sur les quatre côtés de ce cadre et dans le même sens.

[1] Pour un même cadre de même longueur et de même poids, le galvanomètre de M. de Tromelin doit être moins apériodique que l'appareil de MM. Deprez et d'Arsonval, auquel il ressemble d'ailleurs par plus d'un point. Cela tient à ce que, dans la disposition de M. de Tromelin, la plus grande dimension du cadre est perpendiculaire à l'axe au lieu de lui être parallèle, ce qui augmente son moment d'inertie par rapport à cet axe. E. H.

Digitized by Google

Sur la résistance électrique de plusieurs substances isolantes. — Extrait d'une note de M. G. Foussereau, présentée par M. *Jamin*.

Les nouvelles recherches de M. Foussereau ont porté sur la porcelaine, le soufre et le phosphore.

Porcelaine. — Résistance spécifique (1 centimètre cube entre ses faces opposées) :

A 60° C.	751 × 10^6	megohms.
A 180° C.	0,052 × 10^6	—

La résistance de la porcelaine est du même ordre de grandeur que celle des verres très isolants à base de plomb.

Soufre. — Fondu et refroidi lentement à l'état prismatique.

A 112°,1 C.	7,59 × 10^6	megohms.
A 69° C.	5950 × 10^6	—

Au-dessous de 69 degrés centigrades, la conductibilité cesse d'être mesurable.

Le soufre prismatique abandonné à lui-même et se dévitrifiant prend peu à peu une conductibilité appréciable.

D'autre part, un cristal de soufre octaédrique naturel compris entre deux électrodes de mercure ne manifeste un peu de conductibilité que vers 80 degrés centigrades. L'état cristallin semble donc rendre en général le soufre plus isolant.

En passant à l'état liquide, le soufre devient subitement 40 fois plus conducteur.

Phosphore. — Sa résistance est bien inférieure à celle du soufre.

Phosphore solide :

	megohms.
A 15° C.	84 000
A 42° C.	15 600

Phosphore fondu :

	megohms.
A 25° C.	2,3
A 100° C.	0,54

Séance du 12 novembre 1883.

Sur un photomètre optique. — Note de M. L. Simonoff, présentée par M. Edm. Becquerel.

Le principe de ce photomètre est connu. L'instrument a la forme d'une petite lunette à deux tirages, que l'on braque sur la source lumineuse dont on veut apprécier l'intensité. Il est composé de trois

Digitized by Google

tubes rentrant l'un dans l'autre; à l'extrémité antérieure du second tube est placé un écran portant une série de chiffres lus par transparence; l'extrémité antérieure du premier tube est munie d'un porte-diaphragmes.

Ayant braqué l'instrument sur une source lumineuse, on regarde l'écran par l'oculaire du troisième tube, et l'on diminue graduellement les diamètres des diaphragmes jusqu'au moment où l'on ne peut plus lire les chiffres : alors on s'arrête, on note le numéro du diaphragme. En examinant une autre source de lumière, on trouve de la même manière le diamètre d'un autre diaphragme, et ainsi de suite. Le rapport inverse des carrés des diamètres des diaphragmes donne le rapport des intensités lumineuses.

Pour diffuser la lumière, une rondelle de verre opale est placée entre le porte-diaphragme et l'écran.

Pendant plus d'une année, je me suis servi de l'instrument pour mesurer l'intensité de la lumière diffuse du ciel; les chiffres obtenus ont toujours été conformes aux calculs de la formule connue de Bunsen et de Roscoë.

Je l'ai appliqué avec succès à la photographie, pour déterminer le temps de pose; enfin je le crois utile aux personnes qui ont besoin d'évaluer l'intensité d'une source lumineuse d'une manière facile et prompte.

Sur la mesure des forces électromotrices. — Note de M. E. Reynier, présentée par M. Th. du Moncel.

On sait que la force électromotrice des couples *à un seul électrolyte*[1] est très variable : elle diminue par la fermeture du circuit et augmente par le repos de la pile; pour une même combinaison voltaïque, elle paraît plus élevée avec une électrode positive dont la surface est très grande relativement à celle de l'électrode négative. Aussi les forces électromotrices *apparentes* de ces couples changent-elles avec la construction de la pile, les circonstances des expériences et les méthodes de mesure employées.

Parmi toutes les valeurs que peut prendre la force électromotrice d'un couple, il y en a deux qu'il faut connaître : la plus grande et la plus petite. Je crois avoir réussi à obtenir avec certitude la mesure de ces grandeurs extrêmes, au moyen des deux modèles de pile que j'ai l'honneur de soumettre à l'Académie. Chacun de ces deux mo-

[1] L'expression de « pile à un *seul* électrolyte », adoptée ici, a été proposée par le très regretté Alfred Niaudet, pour remplacer l'expression ancienne de *pile à un seul liquide*, dont le sens est trop général, car elle semble comprendre les couples à sels ou oxydes insolubles, qui sont des piles à deux électrolytes.

Digitized by Google

dèles peut être monté avec divers liquides et des électrodes positives et négatives variées.

Le *couple à maxima* (fig. 1) possède une électrode positive Cu, plissée et ajourée, développant une surface efficace de 30 dq. c'est-à-dire trois cents fois plus grande que celle de l'électrode négative. Celle-ci se compose d'un fil de 3 milllimètres de diamètre, plongeant au centre du récipient; on peut la soulever hors du liquide et l'y maintenir, au moyen d'une vis de pression agissant sur le manchon dans lequel elle est guidée. Une pièce isolante B, fixée sur l'électrode, prévient toute dérivation par le couvercle et sert de butée quand on soulève le fil négatif pour mettre la pile au repos.

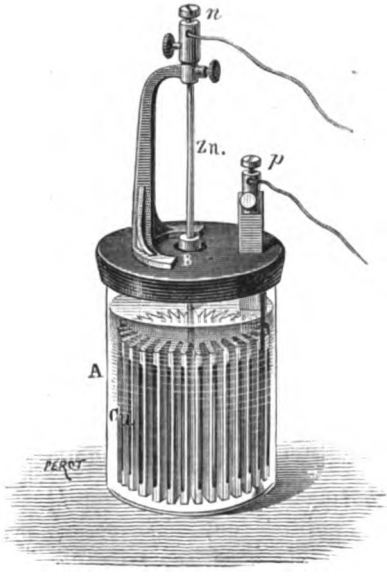


Fig. 1. — Couple à maxima

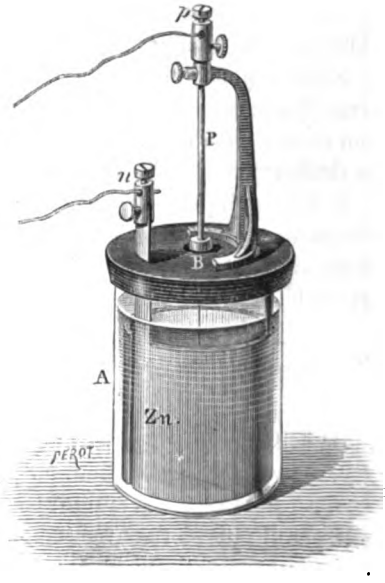


Fig. 2. — Couple à minimum.

Ce couple, dont la capacité est de 800 centimètres cubes, a une résistance de 0,2 ohm à 4 ohms, selon le liquide employé : valeur négligeable quand la résistance totale du circuit galvanométrique atteint plusieurs milliers d'ohms; sa force électromotrice perd moins d'un centième de sa valeur par un travail de deux heures à l'intensité de *un milliampère*. On peut donc considérer la pile comme constante, pendant le peu de minutes nécessaires à une mesure de potentiel par les méthodes galvanométriques connues.

Le *couple à minimum* (fig. 2) a les même dimensions extérieures

Digitized by Google

que le précédent; mais c'est l'électrode négative qui possède ici la plus grande surface, 5 dq. environ. L'électrode positive est un fil de 0mm,5 de diamètre, dont la surface immergée a moins de 1 cq. Les résistances de cette pile sont à peu près les mêmes que celles du couple à maximum.

DÉSIGNATION DES PILES.			FORCES ÉLECTROMOTRICES EN VOLTS.	
LIQUIDES.	ÉLECTRODE NÉGATIVE.	ÉLECTRODE POSITIVE	Maxima.	Minima.
	Zinc ordinaire	Iridium.	»	0,270
	Zinc amalgamé.	»	»	0,289
	Zinc ordinaire.	Platine.	»	0,5
	Zinc amalgamé	»	»	0,561
	Zinc ordinaire.	Or.	»	<0,156
	Zinc amalgamé	»	»	0,128
	Zinc ordinaire.	Argent.	»	<0,098
Eau acidulée sulfurique.	Zinc amalgamé	»	»	0,108
Eau . . . . . 1000 vol.	Zinc ordinaire.	Charbon.	»	0,04
Acide sulfurique	Zinc amalgamé	»	»	0,226
monohydraté. . 2	Zinc ordinaire.	Plomb.	»	0,141
	Zinc amalgamé.	»	»	0,152
	Zinc ordinaire.	Cuivre.	0,91	0,194
	Zinc amalgamé	»	1,072	0,272
	Zinc ordinaire	Fer.	0,429	0,309
	Zinc amalgamé	»	0,476	0,325
	Zinc amalgamé	Zinc ordinaire.	»	0,09
	Fer.	Cuivre.	0,49 à 0,51	»
	Zinc ordinaire.	Iridium.	»	0,052
	»	Platine.	»	0,054
	»	Or.	»	<0,028
	»	Charbon.	»	<0,040
Solution de chlorure	»	Argent.	»	0,043
de sodium.	»	Cuivre.	0,78	0,025
Eau . . . . . 1000 gr.	Zinc amalgam	»	0,82	»
Chlorure de so-	Zinc ordinaire	Fer.	0,378	0,046
dium 250	Zinc amalgamé	»	0,469	»
	Zinc ordinaire.	Plomb.	0,503	0,044
	Zinc amalgamé.	»	0,52	»
	Fer.	Cuivre.	0,27 à 0,25	»
	Plomb.	»	0,27 à 0,25	»
Chlorure de zinc.				
Eau . . . . . 1000 gr.	Zinc ordinaire.	Cuivre.	0,85	»
Chlorure de zinc. 110	Zinc amalgamé.	»	0,86	»
Sulfate de zinc.				
Eau . . . . . 1000 gr.	Zinc ordinaire	Cuivre.	0,998	»
Sulfate de zinc.. 500	Zinc amalgamé.	»	1,04	»
Soude à la chaux.				
Eau . . . . . 1000 gr.	Zinc ordinaire.	Cuivre.	1,06	»
Soude à la chaux 250	Zinc amalgamé.	»	1,09	»

Pour mesurer la force électromotrice minimum du couple, on met

Digitized by Google

les deux fils qui vont au galvanomètre en communication avec les deux bornes d'une clef de court circuit; on ferme la clef pendant plusieurs heures, puis on l'ouvre, et l'on fait aussitôt une mesure qui donne une valeur très approchée, sinon exacte, de la différence de potentiel cherchée. L'électrode positive de ce couple ayant une très petite surface, les produits d'oxydation formés par l'action de l'air ne s'élaborent qu'en faible quantité; ils sont complètement réduits par la fermeture en court circuit et ne se reforment pas assez vite pour troubler sensiblement la mesure. A l'ouverture de la clef. *le couple ne renferme point de corps autres que ceux contenus d'après sa définition.*

Avec ces deux modèles de pile, j'ai mesuré les forces électromotrices maxima et minima d'un certain nombre de combinaisons voltaïques à un seul électrolyte. (Voy. le tableau des chiffres obtenus page 521).

D'après les considérations exposées plus haut, il me semble que la force électromotrice *minima* d'un couple à un seul électrolyte doit être considérée comme la force électromotrice *vraie* du système; la surélévation de cette force jusqu'au maximum résulterait de l'addition spontanée de produits d'oxydation formés par l'intervention de l'air, produits dont l'action ne devrait pas être confondue avec les énergies chimiques mises en jeu dans le couple proprement dit. Je me permets de signaler cette observation aux physiciens qui cherchent à établir des concordances entre les forces électromotrices des piles et les données de la thermochimie.

Sur un sondeur électrique pour grandes profondeurs. — Note de M. E. DE LA CROIX, présentée par M. de Quatrefages.

Cet appareil est construit de façon à avertir du moment précis où il touche le fond. Accessoirement, il lui est adjoint un instrument enregistreur, destiné à supprimer les pertes de temps qu'entraînent les halages continuels de la ligne dans les sondages à grandes profondeurs.

Sur une méthode rapide pour déterminer le travail absorbé ou rendu par une machine dynamo-électrique. — Note de M. PIERRE PICARD, présentée par M. Th. du Moncel. (Extrait.)

Puisque l'effort tangentiel exercé sur l'anneau d'une machine dynamo-électrique est, comme l'a démontré M. Marcel Deprez, proportionnel à l'intensité du courant qui le traverse, à partir du moment où cette intensité est suffisante pour saturer les inducteurs et quel que soit son état de repos ou de mouvement, il devient très facile de

Digitized by Google

connaître le travail absorbé ou rendu par une de ces machines, au moyen d'un simple ampèremètre et d'un indicateur de vitesse.

Pour cela la machine doit, préalablement et une fois pour toutes, être soumise à un essai destiné à déterminer, au moyen du *statomètre* que je vais décrire, ce que j'appellerai la *constante statométrique* d'une machine.

Le *statomètre*, ainsi nommé parce qu'il sert à mesurer un effort statique, est disposé comme un frein de Prony. Il se compose d'un manchon muni d'un long bras et qu'on peut fixer sur l'arbre de la machine à expérimenter. Ce bras, équilibré par un contrepoids, peut osciller entre deux limites fixes, et il porte à son extrémité un plateau destiné à recevoir des poids.

On lance dans la machine ainsi calée un courant juste assez intense pour saturer les inducteurs : on note cette intensité i qui est toujours connue d'avance [1]. L'anneau tend à tourner, et le bras du statomètre vient buter contre son arrêt supérieur. On met alors dans le plateau des poids suffisants pour équilibrer l'effort du courant, afin que le bras oscille entre ses deux butoirs sans les toucher.

Le *statomètre* est, dans ces conditions, l'image parfaite d'un frein de Prony qui arrêterait complètement le moteur. L'expression du travail sera la même :

$$W = \frac{2\pi LPN}{60} = 0,$$

L désignant la longueur du bras depuis l'axe jusqu'au point de suspension,

P le poids contenu dans le plateau,

N le nombre de tours par minute.

Le travail est égal à zéro, parce que le facteur N est lui-même égal à zéro. Nous pouvons néanmoins effectuer les opérations en supprimant ce facteur N, et nous aurons

$$\frac{2\pi LP}{60} = \frac{\pi LP}{30}.$$

Mais l'expression $\frac{\pi LP}{30}$ est obtenue avec un courant d'intensité i; avec un courant de 1 amp. elle devient $\frac{\pi LP}{30i}$, qui est l'expression de ce que j'ai appellé la *constante statométrique* d'une machine.

[1] On pourrait employer un courant plus fort, mais jamais plus faible.

Digitized by Google

En remplaçant les lettres par leur valeur numérique indiquée par l'expérience, en faisant L = 1 m. ; P = 2 kr. i = 6 amp. nous aurons

$$K = \frac{\pi LP}{30i} = \frac{3,1416 \times 1 \times 2}{30 \times 6} = 0,035.$$

Le nombre 0,035 est la valeur numérique de la *constante statométrique* de la machine expérimentée.

Lorsque cette machine fonctionnera, soit comme générateur, soit comme moteur, la valeur du travail absorbé ou rendu sera constamment donnée par la formule

$$W = KIN,$$

K étant la constante statométrique de la machine,
I l'intensité du courant,
N le nombre de tours par minute.

Il va sans dire que le travail calculé sur la constante K est purement théorique et qu'il doit être affecté d'un coefficient d'augmentation ou de réduction, suivant que la machine est génératrice ou réceptrice.

NÉCROLOGIE

—

SIR WILLIAM SIEMENS

La mort décime les rangs des électriciens de la première heure. En quelques mois, elle a enlevé Spottiswoode, sir Edward Sabine, Cromwell Varley, Richard Werdermann, Alfred Niaudet et Louis Breguet; elle frappe aujourd'hui l'un des plus illustres représentants de la science électrique, l'un de ceux qui ont le plus fait pour ses progrès et ses applications. Sir William Siemens, plus connu en Angleterre sous le nom de docteur Siemens, vient de mourir à Londres le 19 novembre, des suites d'une chute arrivée quinze jours auparavant et qui, bien qu'ayant amené des désordres dans la région du cœur, ne faisait pas prévoir une fin aussi proche.

Charles-William Siemens était né à Lenthe, dans le Hanovre, le 4 avril 1823. Il fut élevé au gymnase de Lubeck, à l'Ecole des arts de Magdebourg et à l'université de Gœttingue. En quittant l'université il passa quelques mois dans les bureaux du comte Stolberg et nous le trouvons en Angleterre dès l'âge de vingt ans, poursuivant l'exploi-

Digitized by Google

tation industrielle d'un procédé d'argenture électro-chimique inventé en collaboration avec son frère, le docteur Werner Siemens. Cette collaboration des frères Siemens — la dynastie des Siemens comme on la désigne quelquefois — est d'ailleurs un caractère propre aux inventions qui portent ce nom ; les quatre frères ont toujours travaillé avec tant d'harmonie, ils étaient toujours si disposés à attribuer une invention heureuse à tous les membres de la famille, qu'il est souvent difficile de faire la part précise de chacun d'eux : Werner, Wilhelm, Carl ou Friedrich.

La simple énumération des travaux de sir William Siemens exigerait plusieurs pages de ce journal. Peu d'hommes ont autant produit et produit si utilement pour les progrès de la science et de l'industrie.

En 1848, il se fixa en Angleterre et dès 1850 se fit naturaliser citoyen anglais. C'est à cette époque que furent fondées les magnifiques usines de Londres, pour la construction des câbles sous-marins et des appareils électriques en général, usines dont les produits sont aujourd'hui répandus dans le monde entier.

Pour ne parler que des travaux électriques de sir W. Siemens, signalons la communication devenue classique qu'il fit à la Société royale de Londres, le 14 février 1867, et renfermant ses recherches basées sur une idée émise par son frère le docteur Werner Siemens, sur la conversion de la force dynamique en force électrique sans l'emploi d'aimants permanents. Par une singulière coïncidence, le professeur Charles Wheatstone lisait aussi le même jour à la même Société une note sur le même sujet.

On sait la part prise par sir William Siemens aux progrès de l'éclairage électrique pendant ces dernières années. Il a aussi beaucoup contribué par ses travaux aux développements de la locomotion électrique et au transport de la force à distance.

Il a été successivement président de la plupart des Sociétés savantes de l'Angleterre : Société des ingénieurs civils, des ingénieurs mécaniciens, des ingénieurs télégraphistes, de l'Association britannique, etc. Il était membre de la Société Royale depuis 1862 et avait reçu le titre de *Sir* le 21 avril de la présente année.

Tous ceux qui ont approché le docteur Siemens, savent quel cœur d'or accompagnait cette intelligence d'élite. Nous n'oublierons pas, pour notre part, l'accueil bienveillant et sympathique qu'il nous fit en 1879, alors que, nouveau venu dans la science électrique, nous allâmes lui demander quelques conseils. La mort de l'illustre savant est une perte pour la science pure et appliquée : il a été l'un des premiers promoteurs de cette alliance si féconde de la théorie et de

Digitized by Google

la pratique. Chacune de ses inventions a augmenté le bien-être général; la mémoire de sir William Siemens doit vivre non seulement en reconnaissance des services rendus à l'humanité, mais aussi comme un enseignement, car sa vie est un exemple de travail couronné par le succès.

E. H.

FAITS DIVERS

—

Société internationale des Électriciens. — La première assemblée générale a eu lieu le 15 novembre dans la petite salle de la Société d'encouragement, où la Société de physique tient ses séances ordinaires. Le nombre des adhésions dépasse 1100; celui des membres présents était tel que la salle, trop exigue, n'a pu en contenir seulement la moitié. Les élections pour la nomination du bureau ont dû être remises à la séance suivante qui aura lieu le jeudi 13 décembre, à huit heures et demie du soir, dans la grande salle du premier étage de la Société d'encouragement.

Le bureau à nommer comprend un président, six vice-présidents, six secrétaires, cinquante membres du comité et un ou deux membres de chaque nation étrangère adhérente.

—

Les expériences de Grenoble. — Nous possédons enfin le rapport fait à M. le maire de Grenoble par la Commission chargée de suivre les expériences de M. Marcel Deprez sur le transport et la distribution de la force par l'électricité. La lecture de ce document important et volumineux nous a permis de comprendre pourquoi il n'en a été présenté qu'*une partie* à l'Académie des sciences. La partie dont la docte Société n'a pas eu à connaître, — comme on dit au Palais — renferme en effet quelques singularités scientifiques et pratiques qui viennent justifier nos réserves de tous points. Certaines mesures donnent, par exemple, une intensité *plus grande* à l'arrivée qu'au départ; d'autres supposent, lorsqu'on tient compte de la chaleur perdue dans la machine, une transformation presque intégrale de l'énergie électrique en travail mécanique, tandis que cette transformation n'a donné que 50 pour 100 dans les expériences de distribution de force. Il est inutile d'ailleurs de revenir plus longuement sur ces expériences qu'on peut ne considérer que comme le prélude d'expériences plus importantes aujourd'hui en préparation.

Jusqu'ici rien d'industriel ne nous a paru ressortir des diverses tentatives de M. Deprez. Le problème reste toujours ainsi limité : Transport de grandes forces à petite distance, ou transport de petites forces à de grandes distances. Nous attendons encore la réalisation du transport de grandes forces à de grandes distances.

Lorsque les machines capables d'effectuer ce transport auront prouvé leur efficacité, il restera encore à se demander si le capital engagé ne représente

Digitized by Google

pas une dépense plus grande que la production directe du travail sur place, par les moyens actuellement connus. Pour que le système soit *industriellement* applicable, il faudra connaître aussi le rendement final de la distribution de cette force.

Il serait donc prématuré de crier victoire, mais nous avouons qu'il nous est infiniment plus agréable de voir faire appel aux capitaux de M. de Rothschild qu'à ceux du public pour hâter la solution d'un problème aussi difficile que celui du transport *économique* de grandes forces à de grandes distances.

—

Le rôle du liquide dans les accumulateurs. — Dans le but de donner aux accumulateurs une apparence de légèreté, il s'est introduit dans le monde des industriels qui exploitent ces appareils une habitude que nous croyons déplorable. Cette habitude consiste à ne considérer que le poids des plaques comme matières actives. Grâce à cet artifice de langage, on obtient des capacités qui atteignent et dépensent 20 chevaux-heure par tonne. En réalité, le liquide joue un rôle fort important et nous en trouvons la preuve dans un brevet récent pris par M. Sellon, en Angleterre, le 2 avril de la présente année.

Pour arrêter automatiquement la charge des accumulateurs, M. Sellon place dans le liquide une sorte de densimètre ou de flotteur dont l'immersion varie avec la densité du liquide. Ces différences de niveau agissent sur des contacts à mercure qui ouvrent ou ferment le circuit de la machine de charge. On voit par là qu'il ne faut pas mettre dans un accumulateur une quantité de liquide trop faible, sous peine de faire varier beaucoup ses constantes, par suite des variations de composition du liquide.

On remédie à cet inconvénient dans les accumulateurs Faure-Sellon-Volckmar en faisant les boîtes plus longues que les plaques, ce qui établit une provision de liquide suffisante pour limiter ses variations de composition; mais il est alors indispensable de faire intervenir le poids de ce liquide en ligne de compte lorsqu'on parle des *matières actives* de l'accumulateur.

—

Expériences de transport de force. — Le président du Conseil d'administration de la Compagnie du chemin de fer du Nord, M. le baron de Rothschild, vient d'autoriser en principe de nouvelles expériences de transport de force à distance avec les appareils de M. Marcel Deprez.

Nous assisterons cette fois à des expériences sérieuses, car il ne s'agit pas moins que de transporter à La Chapelle, la force produite par une usine de deux cents chevaux installée dans la gare de Creil.

Une commission d'ingénieurs de la Compagnie est chargée de diriger et de contrôler ces expériences. Nous en attendons avec impatience les résultats.

—

Transport électrique de la force motrice. — MM. Donato Tommasi et

Digitized by Google

E. Closset, de Bruxelles, s'occupent en ce moment d'un projet d'utilisation de la force hydraulique *perdue* au barrage de la Gileppe près de Verviers, en Belgique. Cette force perdue résulte de l'excédent de l'eau qu'on peut faire écouler par les bouches de vidange au lieu de la laisser s'écouler par les déversoirs; la pression est d'environ 40 mètres, le volume varie entre un certain minimum, fixé en prévision des conditions les plus défavorables de l'alimentation du réservoir, jusqu'au débit maximum des bouches.

En tenant compte des diverses transformations, il est établi qu'on ne recueillerait à Verviers que 26 pour 100 environ du travail de la chute. Dans le cas où l'on applique ce cœfficient au débit minimum, on trouve des résultats de nature à réduire sensiblement les espérances que l'on fonde sur ce système. Nous croyons, avec le *Moniteur industriel* qui nous fournit ces détails, qu'il sera difficile de livrer franco le cheval-heure électrique à Verviers au prix de 50 centimes; pour ce prix, un moteur à gaz Otto peut fournir ce cheval-heure, même en payant le gaz 50 centimes le mètre-cube, comme à Paris, et le gaz coûte moins cher à Verviers. La conclusion s'impose donc d'elle-même.

—

Les hauts potentiels. — La perte d'énergie dans un conducteur étant proportionnelle à la résistance de ce conducteur et au carré de l'intensité qui le traverse, il en résulte que, pour réduire cette perte, on doit réduire R, ce qui conduit à des conducteurs gros et chers, ou diminuer I ce qui oblige à employer des forces électromotrices élevées, c'est-à-dire des hauts potentiels. Quelle est la limite des hauts potentiels industriellement acceptables? La réponse à cette question dépend naturellement de la nature de la ligne employée. Avec des lignes *souterraines*, on n'entrevoit de limite que celle imposée par la nature du diélectrique qui entoure le câble de transmission, et l'avenir est au câble le mieux isolé pour un prix donné. Il n'en est pas de même avec les lignes *aériennes*, et nous croyons que le chiffre de 5000 volts dépasse ce que l'on peut autoriser dans l'intérêt de la sécurité publique. Il serait, croyons-nous, grand temps d'aviser avant que nous n'ayons à enregistrer des accidents dont l'issue pourrait être fatale.

G. D. *Paris.* — L'écoulement des eaux des égouts de Paris n'est pas assez rapide pour qu'on puisse leur demander de produire du travail aux dépens de leur vitesse en actionnant des turbines.

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

4598. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

VASES POREUX ET CLOISONNEMENTS

Il est souvent difficile de réaliser convenablement la séparation des électrolytes liquides dans les appareils électrochimiques, piles ou bains.

La cloison parfaite serait celle qui procurerait une séparation chimique complète, sans être un obstacle au contact physique des électrolytes, et aux réactions utiles du système; elle devrait, de plus, être solide, rester inaltérée par les substances actives et résiduelles, et s'offrir à bas prix, en toutes formes et dimensions.

En l'absence d'une solution complète et générale de ces difficultés, il faut, dans chaque cas particulier, faire choix du moyen le moins défectueux parmi ceux qui ont été essayés ou proposés; il est donc utile de les connaître tous, avec leurs propriétés et leurs défauts. En les passant en revue avec moi, le lecteur que cette question intéresse pourra bénéficier des recherches déjà faites et s'épargner ainsi des tâtonnements longs et coûteux.

I

CLOISONS ANIMALES

Certains auteurs rapportent que Volta construisit des couples avec un seul métal et deux liquides, séparés par une cloison poreuse; je n'ai pu retrouver là-dessus aucun document précis. Quoi qu'il en soit, les couples à un seul liquide ont servi exclusivement, pendant près de trente années, aux recherches des physiciens.

C'est en 1829 que Becquerel découvrit le principe fécond des piles constantes à deux liquides. L'idée d'employer des vases poreux, qui nous semble maintenant si naturelle, ne paraît pas lui être venue tout d'abord. Ses deux liquides, baignant chacun une électrode, étaient versés dans deux vases distincts; ils communiquaient entre eux au moyen d'un siphon garni d'une mèche de coton ou d'asbeste. Quelquefois, les liquides occupaient les

Digitized by Google

deux branches d'un tube en U, et leur contact s'opérait à travers un tampon poreux d'argile mouillée.

Un peu plus tard, Becquerel mit les deux liquides dans un même récipient « divisé en deux compartiments au moyen d'un « diaphragme de baudruche, appliqué soigneusement sur les « parois avec du mastic, et dans chacun desquels on verse une « solution de même nature ou de nature différente » [1]. C'est dans cet appareil que fut monté le premier couple zinc, sulfate de zinc ; cuivre, nitrate de cuivre, prototype de la pile Daniell, qui ne fut inventée que six ans plus tard.

La *baudruche* est une pellicule mince, détachée du péritoine des herbivores ; elle constitue une cloison souple et peu résistante, mais très fragile. Les acides et les alcalis concentrés la détruisent rapidement. On ne peut s'en servir qu'avec de grandes précautions, pour séparer des liqueurs à peu près neutres ; aussi son emploi est-il devenu fort rare, même dans le laboratoire.

Un morceau d'intestin de bœuf, fermé inférieurement par un tesson de bois ou de verre ficelé, constitue un vase poreux à peu près cylindrique [2].

La vessie de porc, de bœuf ou de mouton, fournit aussi un vase poreux peu résistant [3]. Pour donner de la solidité à ce récipient, on le prépare de la manière suivante : la vessie, coupée aux deux tiers de sa hauteur, est mise à tremper pendant douze heures dans de l'eau tenant en dissolution 12/1000 d'acide tannique ; on la fixe ensuite par ses bords sur un châssis de bois ciré, au moyen d'une ficelle [4].

Les vases poreux en boyau ou en vessie ont rendu de grands services à la galvanoplastie dans ses débuts ; ils sont peu employés aujourd'hui. Les acides, les alcalis et même les liqueurs neutres les détériorent vite ; hors du liquide, ils se putréfient et deviennent la proie des insectes. D'ailleurs on ne pourrait pas les obtenir en nombre indéfini, ni dans toutes les formes et dimensions voulues.

Avec du cuir de 3 à 5 millimètres d'épaisseur, *tanné à sec et*

[1] Becquerel et Edmond Becquerel, *Électricité et magnétisme*, t. I, p. 190.
[2] Daniell.
[3] Idem.
[4] Brandely, *Galvanoplastie*, t. I, p. 24.

Digitized by Google

sans apprêt avec des corps gras, on obtient des vases poreux solides, qui durent longtemps si l'on a soin de les tenir toujours immergés; mais ils sont coûteux et très résistants.

La peau, chamoisée ou non, est trop perméable aux liquides; on ne peut l'employer que pour des expériences courtes, avec des électrolytes ayant peu de tendance à s'osmoser.

Les sels d'argent, d'or, de platine, et généralement tous ceux qui sont réduits par les matières organiques, ne doivent pas être mis au contact des diaphragmes de provenance animale.

Les étoffes de laine (flanelle, escot, drap, feutre) ont à peu près les qualités et les défauts des tissus végétaux dont il sera question tout à l'heure; ils s'emploient de la même manière, mais non dans les mêmes circonstances : mieux que le chanvre et le lin, la laine résiste aux acides; mais elle est détruite par les alcalis caustiques.

II

CLOISONS EN MATIÈRES VÉGÉTALES

Le bois mince (de 1/2 à 3 millimètres d'épaisseur) est médiocrement résistant et sépare assez bien. Avant de l'employer comme diaphragme, il faut le débarrasser de la sève et des matières résineuses par une immersion prolongée dans une lessive caustique bouillante, mais peu concentrée.

Un cylindre de bois creusé, un roseau, peuvent constituer des vases poreux utilisables dans certains cas.

Pour obtenir des capacités plus grandes, on construit des caisses parallélipipédiques; mais il est difficile de bien ajuster les panneaux, et surtout d'empêcher qu'ils ne gauchissent. Le bois n'est pas un corps homogène; il présente des nœuds, des endroits faibles d'où peuvent partir des fentes qui mettent le vase hors de service.

Le bois est attaqué par l'acide nitrique, et par l'acide sulfurique concentré.

Les toiles de chanvre et de lin très serrées sont des diaphragmes peu résistants. La qualité dite *toile à voile* est d'assez bon usage dans les liqueurs neutres ou modérément acides; les alcalis caustiques ne la détruisent que lentement, mais ils lui font subir

Digitized by Google

un *retrait* qui diminue sa surface de moitié. Quand la toile est trop perméable, on peut la doubler ou la tripler.

On fabrique avec de la toile, des vases poreux de tous formats. Les coutures doivent être faites avec du fil de chanvre ou de lin, enduit de poix. Si la toile est clouée sur une carcasse de bois, on emploie des clous de cuivre et l'on bitume les joints.

Dans les piles du genre Daniell, la toile finit généralement par s'incruster de cuivre; il se forme alors des couples locaux parasites qui appauvrissent la liqueur et accroissent rapidement les dépôts métalliques, lesquels finissent souvent par fermer le couple sur lui-même. Cet accident provient de ce que la toile est un peu conductrice; il faut donc éviter qu'elle ne touche l'une ou l'autre électrode.

Le papier et le carton bitumés [1], le papier *albuminé* [2] ont été jadis employés pour faire des diaphragmes; on préfère maintenant le *papier parcheminé*.

Il est difficile de coudre ou de coller le papier avec du bitume ou du ciment; on le cloue sur des châssis de bois, et l'on forme les joints.

M. Carré (1868) a fait un vase poreux « en papier d'albumine, chauffé dans une vapeur, à la température de 230 degrés, collé ensuite à la gomme laque, de manière à former un cylindre dont la base est un tesson de porcelaine; comme il est fragile, on le soutient par un système de ficelles qui permettent d'enlever le vase poreux et tout ce qu'il contient, quand on veut démonter la pile » [3].

On sait maintenant confectionner des vases poreux en papier, sans collage ni couture; nous y reviendrons.

III

CLOISONS EN SUBSTANCES MINÉRALES

L'argile, le kaolin, le sable, le grès et généralement toute substance pulvérulente non attaquée par les liquides à séparer, peuvent, à l'état de couches plus ou moins épaisses, de tampons

[1] Becquerel.
[2] F. Carré.
[3] Jamin, *Bull. de la Soc. d'encouragement*, fév. 1869.

Digitized by Google

plus ou moins serrés, fonctionner comme diaphragmes poreux, dans des cas restreints. Généralement, les cloisons doivent être solides et affecter une forme de récipient.

L'amiante résiste à l'acide nitrique concentré. On fait maintenant du papier et du carton en amiante presque pur. La fabrication de ces feuilles est en progrès continu ; il convient de ne pas les perdre de vue, car elles pourront s'offrir un jour comme d'utiles matériaux pour la construction des cloisons perméables.

Le *plâtre* a l'avantage de se prêter économiquement à la confection des vases de toutes formes; malheureusement il est peu perméable, très résistant, et se délaye dans la plupart des liqueurs, notamment dans celles qui contiennent de l'acide sulfurique libre.

Les *céramiques poreuses*, telles que la terre de pipe, la terre à alcarazas, les creusets, donnent des vases poreux qui résistent aux acides, même concentrés. Mais on emploie surtout maintenant les vases poreux cylindriques en porcelaine imcomplètement cuite, qu'on trouve dans le commerce abondamment et à bas prix, en toutes capacités, depuis 0,05 litre jusqu'à 2 litres. Les dimensions supérieures et les formes autres que la cylindrique, sont obtenues plus difficilement, avec moins de régularité.

Les vases en porcelaine dégourdie ont le défaut d'être trop résistants; les grands le sont proportionnellement plus que les petits, parce qu'on est obligé de donner plus d'épaisseur à leurs parois. Il en résulte qu'à dimensions égales, un grand couple de Daniell, par exemple, sera de trois à six fois plus résistant avec un vase poreux de porcelaine qu'avec un vase de papier modèle Carré. Un autre défaut moins grave des vases de porcelaine est de s'incruster de cuivre; mais l'action est lente et le remplacement du vase peu coûteux, quand il est petit.

Malgré leur résistance trop grande, les vases poreux en porcelaine dégourdie sont presque exclusivement employés aujourd'hui dans les piles électriques à liqueurs acides ou neutres. Les acides sulfurique ou nitrique, l'eau régale ne les attaquent point.

Les alcalis caustiques, au contraire, les altèrent assez vite.

Dans la pile zinc, soude, cuivre, sulfate de cuivre, l'attaque

Digitized by Google

de la porcelaine par la soude, et la cristallisation interne du sulfate de soude, détruisent les vases poreux en quelques heures. Ces accidents ont nécessité l'invention des vases poreux en septums souples, sans assemblage, qui seront décrits dans un prochain article. EMILE REYNIER.

DE

L'AUTO-EXCITATION EN DOUBLE CIRCUIT

ET DES

DIFFÉRENTS PROBLÈMES QU'ELLE PERMET DE RÉSOUDRE

Dans ce mode d'excitation les inducteurs de la machine dynamo sont, comme on le sait, roulés de deux fils, l'un placé sur le circuit principal et l'autre en dérivation sur ce même circuit.

Parmi les différents problèmes que ce dispositif permet de résoudre avec assez d'approximation pour la pratique, il en est un d'une importance incontestable, c'est le problème de la *distribution électrique*.

Il n'y a que deux dispositions principales de placer sur un générateur d'électricité plusieurs appareils récepteurs, en dérivation ou en série.

Le problème sera résolu dans le premier cas, si on parvient à maintenir constante une différence de potentiel aux bornes de chaque récepteur, et dans le second, si on parvient à maintenir constante l'intensité du courant qui traverse chaque appareil et cela quel qu'en soit le nombre.

Ce problème a été résolu pour la première fois il y a deux ans par M. Marcel Déprez à l'aide de deux machines combinées. Dans la suite, il a été également résolu par plusieurs autres ingénieurs électriciens à l'aide d'une seule machine, mais aucun d'eux que je sache n'a fait connaître une méthode quelconque à suivre pour résoudre le problème sans tâtonnements.

Le but de cette note est précisément de faire connaître aux constructeurs une méthode simple et sûre et d'autant plus

Digitized by Google

recommandable qu'appliquée par l'auteur, elle lui a toujours fourni d'excellents résultats.

Ce dernier genre de machines à distribution est très rare aujourd'hui et les types qui existent ont souvent coûté, faute de méthode, bien du temps et de l'argent à leurs constructeurs. Mais il n'est pas douteux que ce sont les machines de l'avenir et qu'on ne conservera guère, dans quelques années, de dynamo sans double enroulement, de même qu'on ne conçoit guère aujourd'hui de machines à vapeur sans régulateur.

Pour bien saisir la méthode, il est nécessaire de connaître les conditions imposées par la théorie.

DISTRIBUTION EN DÉRIVATION.

Si on appelle :

E la force électro-motrice de la machine,

I l'intensité du courant,

e la différence de potentiel qu'il s'agit d'établir et de maintenir constante entre deux points donnés,

r la résistance du générateur et du circuit jusqu'à ces deux points,

On sait que ces diverses quantités sont constamment liées par la relation

$$E = I r + e$$

déduite des lois de Kirchhoff.

L'examen de cette équation dans laquelle r et e sont des paramètres donnés ou connus *à priori*, montre immédiatement que pour que la différence de potentiel e soit maintenue constante pour toute valeur de I il faut :

1° Que la force électro-motrice du générateur soit une fonction linéaire de l'intensité,

2° Que le rapport $\frac{dE}{dI}$ ou coefficient angulaire de la droite qui représente cette équation soit constamment égal à r.

Ceci posé, voyons maintenant comment et jusqu'à quel point sont et peuvent être réalisées dans la pratique ces différentes conditions.

Digitized by Google

Et d'abord la première condition n'est remplie très approximativement dans les machines actuelles que pour de faibles intensités de courant. Toutefois l'expérience m'a montré qu'avec des machines très ordinaires la distribution pouvait être faite à 5 pour 100 près, ce qui est passablement satisfaisant pour la pratique. Mais l'approximation peut être poussée beaucoup plus loin par l'emploi d'électro-aimants très gros de canon et très courts et atteindre aisément 1 pour 100. Il résulte en effet des expériences de Müller[1] que ce genre d'électro-aimants suit très exactement la loi de proportionnalité. Nous supposerons dans ce qui va suivre qu'on ait à transformer, ce qui est le cas le plus général, un type existant, une dynamo avec électros en circuit, par exemple. Si par raison d'économie, on ne veut y apporter que le minimum de modifications, on adoptera la disposition suivante qui a donné d'excellents résultats. On formera deux circuits distincts, composés l'un de deux électros pris en croix, c'est-à-dire de façon à ce qu'ils ne puissent s'armer réciproquement[2], d'une petite machine excitatrice, d'un ampère-mètre, et d'un rhéostat, et l'autre de l'induit, des deux autres électros, d'un ampère-mètre et d'un tableau de résistances étalonnées. Ceci fait on mesure à l'aide du pont la résistance c des deux premiers électros, celle b' des deux autres et enfin la résistance a de l'induit. Puis on dispose entre les deux points entre lesquels on veut maintenir constante la différence de potentiel e, un voltmètre, on met les machines en marche et on règle l'excitation de façon à obtenir cette même différence de potentiel. Il est préférable toutefois de régler la vitesse de la machine d'étude de façon à s'approcher de la saturation des inducteurs, mais tout en évitant un échauffement trop grand ; on en verra plus tard la raison. Soit V la vitesse à laquelle on obtient e dans ces conditions ; on ferme alors le circuit sur le tableau étalonné et on détermine, en faisant varier convenablement la résistance totale R du circuit, une dizaine de couples de valeurs de I et du produit $IR = E$, comprises entre zéro et l'intensité maxima que

[1] Voy. *Œuvres de Verdet*, t. IV, p. 216.

[2] Comme disposition simple, on peut également employer celle qui consiste à former chaque circuit des deux électros qui correspondent à un même pôle conséquent, mais cette disposition est pratiquement inférieure à l'autre.

Digitized by Google

peut fournir la machine. Il ne reste plus qu'à déterminer, *graphiquement*, c'est le plus sûr et le plus simple, la droite qui se rapproche le plus de la portion de courbe ainsi obtenue. Soit r' le coefficient angulaire de cette droite. Actuellement à la vitesse V on a

$$\frac{dE'}{dI} = r'$$

mais la condition imposée est :

$$\frac{dE}{dI} = r = a + b$$

or pour des mêmes valeurs de I on a :

$$\frac{dE'}{dE} = \frac{V}{V'}$$

par conséquent

$$V' = V\frac{r}{r'}.$$

La condition :

$$\frac{dE}{dI} = r = a + b$$

est actuellement réalisée à la vitesse V', mais il faut pour obtenir la différence de potentiel e qu'elle soit réalisée à la vitesse V.

Cette vitesse V ne pouvant être modifiée, il reste la ressource de changer les fils de la machine ou tout au moins celui des inducteurs en circuit.

Si on calcule le diamètre de ce fil de façon que son volume reste inaltéré, la question est encore accessible au calcul.

En effet, on sait que, toutes choses restant égales d'ailleurs, la force électromotrice ne change pas lorsque le produit de la vitesse par le nombre de tours de fil reste invariable, en sorte qu'on peut écrire, si on appelle N et N' les nombres de tours dans les deux cas :

$$dE = KV'N' = KVN$$

Digitized by Google

ou bien, puisque les nombres de tours doivent varier en raison inverse des carrés des diamètres de fil

$$dE = \frac{KV'}{D'^2} = \frac{KV}{D^2}. \qquad (1)$$

D'autre part, si le diamètre du fil des électros change, la résistance b change, mais de façon à satisfaire à la relation :

$$\frac{x}{b} = \frac{D'^4}{D^4}$$

puisque le volume total du fil doit rester le même, par conséquent la relation (1) doit s'écrire, en tenant compte de la loi de Ohm

$$dE\left(\frac{a+b\,\frac{D'^4}{D^4}}{a+b}\right) = \frac{KV}{D^2}. \qquad (2)$$

Il est facile maintenant de tirer des équations (1) et (2) l'équation

$$aV'D^4 - (a+b)VD'^2D^2 + bV'D'^4 = o$$

qui donne pour D les valeurs :

$$D = \pm D'\sqrt{\frac{V(a+b) \pm \sqrt{(a \times b)^2 V^2 - 4ab \times V'^2}}{2a \times V'}}.$$

Quand les vitesses V et V' ne sont pas trop différentes, on peut admettre comme vraie l'équation (2) et on obtient pour D la valeur

$$D = D'\sqrt{\frac{V}{V'}}$$

ou

$$D = D'\sqrt{\frac{r'}{r}}$$

puisque

$$V' = V\,\frac{r}{r'}$$

Digitized by Google

Ainsi donc la condition

$$\frac{dE}{dI} = r = \left(a + b\frac{D'^4}{D^4}\right)$$

$$= a + b\frac{r^2}{r'^2}$$

est réalisée à la vitesse V à laquelle la machine peut produire la différence de potentiel *e*. Lorsque les électros auront reçu leur nouveau fil, on vérifiera si c'est bien à cette vitesse V que la condition est réalisée. On trouvera généralement que ce n'est pas à cette vitesse, mais à une très voisine, qu'on déterminera aisément par l'expérience. Ceci fait, on fera varier un peu l'excitation de manière à ramener la différence de potentiel *e*; si *i* est la valeur du courant d'excitation, on calculera par la formule

$$d = D'\sqrt{\frac{ic}{e}}$$

le nouveau diamètre *d* du fil des électros qui seront placés en dérivation sur les deux points entre lesquels la différence de potentiel *e* doit être maintenue constante.

Il est bien certain que puisque la condition

$$\frac{dE}{dI} = r$$

ne peut être réalisée d'une façon rigoureuse, le courant qui traversera ces électros variera un peu, mais si on se trouve dans le voisinage de leur saturation, cela ne modifiera que très légèrement la valeur du champ magnétique.

En terminant cette question, je ferai remarquer que la *distribution* n'a lieu que pour les récepteurs greffés sur les deux points considérés, parce que ce sont les seuls qui soient maintenus à une même différence de potentiel. Il n'y a donc plus *distribution* au sens rigoureux du mot, dès qu'une résistance se trouve placée entre les points en question et les différents récepteurs, comme cela a lieu généralement dans la pratique. R. Arnoux.

Digitized by Google

DE
LA TRACTION PAR MACHINES ÉLECTRIQUES

(SUITE ET FIN)[1]

Nous allons dès maintenant examiner de quelle manière on peut mettre les moteurs électriques en mouvement, c'est-à-dire leur fournir le courant nécessaire à cet effet.

Il se présente immédiatement deux solutions : dans la première, la locomotive porte elle-même son générateur d'électricité, et ce cas offre une analogie complète avec la traction par les locomotives ordinaires ; dans la seconde, le générateur d'électricité est en un point fixe, ce cas est analogue à la traction par câbles.

En réalité, on a dans les deux systèmes un transport de force à distance, à une très faible distance dans le premier cas où le générateur est une batterie, et à une distance plus grande dans le second cas où le générateur est une machine.

Nous n'entreprendrons pas ici de discuter toutes les questions relatives au transport de la force ; nous en signalerons seulement les deux points principaux, qui ont été établis par Jacobi et Sir W. Siemens et qui s'appliquent aux deux modes de traction que l'on vient d'énumérer.

Loi de Jacobi. — Le travail d'un moteur électrique est maximum lorsque ce moteur marche à une vitesse telle que le courant soit abaissé jusqu'à la moitié de la valeur qu'il aurait s'il était au repos. Dans ce cas le rendement est de 50 pour 100.

Soit en effet un moteur électrique alimenté par un générateur d'électricité (batterie ou machine) ayant une force électromotrice E, e la force électromotrice produite par le moteur, I l'intensité du courant, R la résistance *totale* du circuit, t les travaux résistants de toute nature (celui des frottements proprement dits de la machine et celui produit par les courants de Foucault).

On a dès lors :

$$EI = eI + RI^2 + tg. \qquad (1)$$

[1] Voy. l'*Électricien*, n° 61, p. 445 ; n° 64, p. 492.

Digitized by Google

Le travail utilisé par le moteur est :

$$eI = EI - RI^2 - tg.$$

Rechercher son maximum revient à chercher celui du trinôme du second membre. En admettant que t ait une valeur nulle ou constante, indépendante de l'intensité du courant et de la vitesse du moteur, le maximum a lieu pour :

$$E = 2RI \text{ d'où } I = \frac{E}{2R}.$$

Or, si on maintient le moteur au repos, l'intensité est donnée par la loi de Ohm :

$$I = \frac{E}{R},$$

ce qui vérifie la loi de Jacobi.

Loi de Siemens. — Le rendement du système s'approche indéfiniment de l'unité à mesure que la force électromotrice engendrée par la rotation du moteur augmente, jusqu'au point d'être égale à celle du courant qui est fourni par le générateur lorsque le moteur est au repos et par conséquent avant que le courant ne soit transformé en travail.

Le travail dépensé est en effet EI, le travail utilisé eI, le rendement est donc $\frac{e}{E}$, il s'approchera d'autant plus de 1 que e s'approchera de E, ce qui confirme le principe énoncé.

Dans le cas où le générateur est une machine, le travail produit n'est pas EI, mais $EI + \theta g$ (θ étant le travail absorbé par le générateur) ; le rendement est dès lors $\frac{e}{E + \frac{\theta g}{I}}$; dans tous les cas, le principe n'en subsiste pas moins, la limite du rendement est seule changée. (Dans tout ce qui précède on a supposé qu'il n'y avait pas de pertes par la ligne).

Il faut bien remarquer que ces deux lois ne doivent pas être confondues. En effet, étant donnée une source d'électricité, la première loi fait connaître le travail maximum qu'on peut en retirer par les moteurs (c'est ce qu'il faut rechercher industriel-

Digitized by Google

lement) ; la seconde loi donne le plus grand rendement que l'on puisse obtenir.

Cela étant, passons à l'examen des deux modes de traction que nous avons énumérés dès le début.

Premier cas. — Alimentation par batteries.

En conservant les notations employées dans l'équation (1) et désignant par r la résistance de la machine, ρ celle de la batterie, on a :

$$EI = eI + (r + \rho)I^2 + gt, \qquad (2)$$

et en négligeant t

$$I = \frac{E - e}{r + \rho}.$$

Or on a déjà vu que pour les grandes intensités l'effort de traction F est uniquement fonction de l'intensité, il est de la forme $F = bI - a$.

Au démarrage, la machine ne tournant pas, l'intensité et l'effort de traction sont maxima.

A partir de là, la vitesse du train et par suite e augmentant, l'intensité et l'effort de traction vont décroître jusqu'au moment où la vitesse sera uniforme, c'est-à-dire où l'effort de traction sera égal à l'effort résistant. La valeur de l'intensité étant alors fixée par celle de l'effort de traction, la vitesse et la force électromotrice e que nous supposerons proportionnelle à sa valeur sont déterminées par les équations (2). Si, pour une cause quelconque, l'effort résistant vient à augmenter ou à diminuer, il y aura diminution ou augmentation de vitesse et de force électromotrice e, de manière à avoir pour I une valeur correspondant à cet effort.

Les locomotives doivent en général produire un effort de traction normal déterminé F_0 à une vitesse donnée. Il en résulte donc une valeur de l'intensité correspondante I_0 pour une force contre-électromotrice déterminée e_0 du moteur.

Or, d'un autre côté, le moteur produit le travail maximum quand l'intensité du courant est la moitié de la valeur qu'il aurait si le moteur était au repos d'où :

$$I_0 = \frac{E}{2(r+\rho)};$$

Digitized by Google

on a toujours la relation :

$$(r+\rho)I_0^2 - (E - e_0)I_0 + tg = o. \qquad (3)$$

Or pour une disposition déterminée de la batterie, sa résistance intérieure ρ est fonction de la force électromotrice E (ainsi quand tous les éléments sont accouplés en tension, E est proportionnel à ρ).

Les équations (2) et (3) nous permettent alors de calculer E et r.

L'équation (3) devient :

$$e_0 I_0 = \frac{EI_0}{2} - tg.$$

elle détermine E.

En faisant abstraction du travail absorbé par la machine, on trouve naturellement que la force électromotrice que l'on doit employer est double de celle que le moteur développera.

L'équation (2) déterminera dès lors la valeur de la résistance intérieure de la machine.

On aura donc, d'après ce qui a été dit précédemment, tous les éléments nécessaires pour déterminer les divers éléments d'une machine à excitation en circuit.

Dans ce que nous venons de dire, on a supposé que le moteur électrique est alimenté par une batterie ayant une disposition invariable.

Or, dans la pratique, il n'en est pas ainsi et il ne peut en être ainsi, car, eu égard au profil et au tracé variables de la voie, les résistances passent par des valeurs très différentes et il pourrait arriver que, dans certains cas, le travail disponible de la batterie fût insuffisant à remorquer le train.

Il faut alors une disposition spéciale qui permette de renforcer le courant à un moment déterminé pour les cas difficiles (démarrage, rampes exceptionnelles, etc.). Dans les expériences de M. Philippart, qui sont du reste à peu près les seules de ce genre, les accumulateurs étaient montés en tension et en série unique; ils étaient disposés par groupes de cinq, et l'on pouvait ajouter aux trente premiers éléments un certain nombre de groupes à volonté, ce qui permettait de porter le nombre des éléments à 80; on avait ainsi un certain groupe qui travaillait normalement, le reste servait de réserve.

Digitized by Google

Dans le but de démarrer rapidement, comme l'effort de traction augmente avec l'intensité, on pourrait chercher, comme on l'a déjà proposé, à assembler les couples en quantité et à les réunir progressivement en tension à mesure que la vitesse augmente, tout en ôtant en même temps des accumulateurs du circuit pour ne pas augmenter la vitesse outre mesure et en les rajoutant en cas de besoin. Cette disposition pourrait être réalisée au moyen d'un commutateur dérivé de celui de M. Planté.

Ce système paraît préférable au système suivant également proposé par M. Reynier, et qui consisterait à avoir plusieurs modes de commande entre le moteur et le véhicule, et de mettre l'un ou l'autre en action au moyen d'un embrayage selon la vitesse que l'on veut obtenir.

On peut objecter qu'il ne faut pas donner aux accumulateurs un trop grand débit pendant la décharge sous peine de diminuer le rendement d'une manière considérable. L'intensité limite qu'il ne faut pas dépasser et qui est généralement fixée à 25 ampères, déterminerait le nombre minimum d'éléments à mettre en série.

Enfin, on s'est demandé s'il ne serait pas possible à la descente des pentes au lieu de serrer les freins et de créer un travail résistant de frottement des sabots sur les roues en pure perte, de créer un travail résistant utilisable, c'est-à-dire charger les accumulateurs au moyen du moteur dont on changerait convenablement le calage des balais.

Dans ce système, on n'a fait jusqu'ici usage que de batteries secondaires, les batteries primaires ayant été écartées par des considérations pratiques et économiques.

Le système de traction par accumulateurs a reçu peu d'applications ; l'une des plus connues est celle que M. Philippart a exécutée sur une des voitures de la *Compagnie générale des omnibus* et dont la disposition a été décrite ici même[1]. Les expérimentateurs se proposent plus tard de remorquer les voitures au moyen de trucks spéciaux de 2 mètres de large sur 4 mètres de long portant le moteur et les accumulateurs. Ils doivent peser 8 tonnes dont 3 tonnes d'accumulateurs ; il n'est rien dit quant à leur disposition.

[1] Voy. l'*Électricien*. t. VI, p. 193 et 241.

Digitized by Google

Deuxième cas. — La source d'électricité est une machine électrique située en un point fixe. Soient :

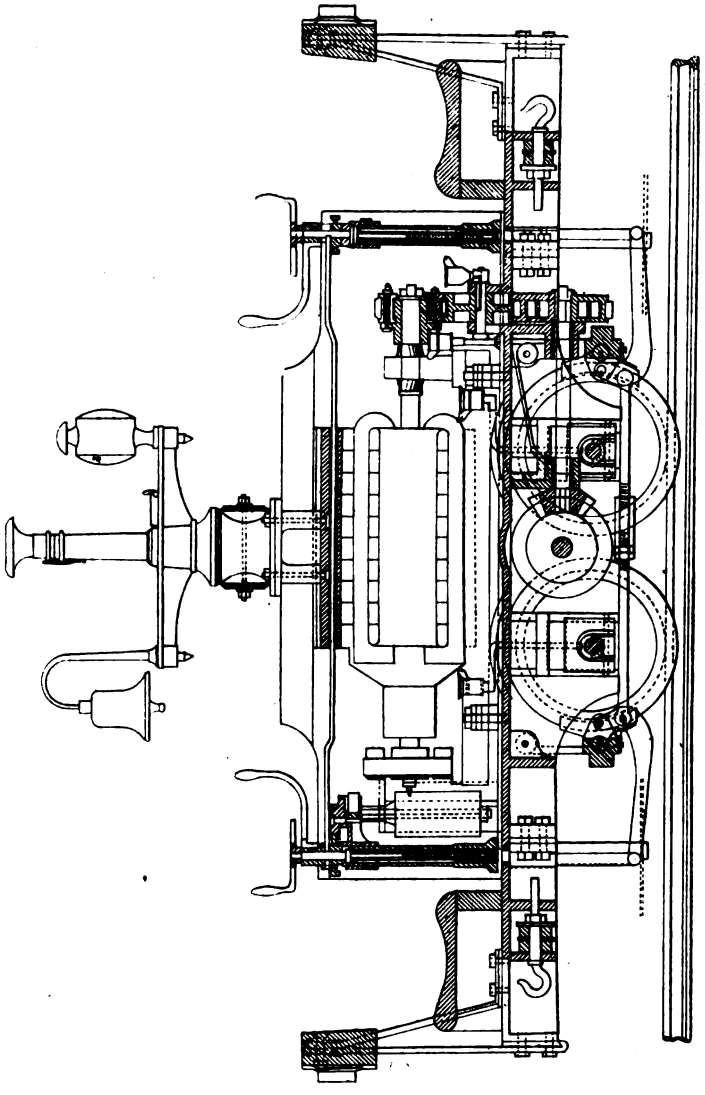


Fig. 1. — Locomotive électrique des mines de Zankerode.

E la force électromotrice du générateur;
r sa résistance intérieure;
t le travail intérieur qu'elle absorbe;

Digitized by Google

e_1 la force contre-électromotrice de la machine motrice;
r_1 sa résistance intérieure;
t_1 son travail intérieur;
I l'intensité du courant;
R la résistance extérieure;

La machine génératrice marchant à une allure déterminée absorbe un travail externe T. Or nous avons :

$$Tg = e_1 I + (R + r + r_1) I^2 + (t + t_1) g,$$

et

$$EI = e_1 I + (R + r + r_1) I^2 + t_1 g. \qquad (4)$$

On voit sur cette équation que le rendement mécanique est,

$$\frac{e_1 I}{gT},$$

et en quoi il diffère du rendement électrique qui a pour expression :

$$\frac{e_1 I}{EI},$$

et du rendement évalué d'après le rapport des vitesses, qui peut différer du rapport des forces électromotrices, même en admettant la proportionnalité de ces dernières à la vitesse, car le coefficient de proportionnalité peut varier selon le calage des balais et avec le type de machine.

On peut voir que la marche de la locomotive est la même que dans le cas précédent, que l'intensité et l'effort de traction sont maxima au démarrage et que la vitesse augmente jusqu'au moment où l'effort de traction est égal à l'effort résistant, que toute variation dans la valeur de ce dernier entraîne une variation correspondante de la vitesse.

De l'équation (4) on déduit que l'énergie disponible sur la locomotive *el* diminue à mesure que la résistance extérieure R de la conduite augmente, c'est-à-dire à mesure que le moteur s'éloigne du générateur et inversement.

Or il faut autant que possible régulariser la marche : on pourrait théoriquement faire disparaître les irrégularités d'allure, provenant de la variation de résistance de la conduite, de deux manières : soit en introduisant une résistance intermé-

Digitized by Google

diaire variable dont on laisse le réglage aux soins du conducteur, soit par l'emploi de générateurs donnant une intensité constante quelle que soit la résistance du circuit extérieur.

La possibilité de ces dernières machines a été théoriquement démontrée par M. Deprez qui les réaliserait au moyen d'un double enroulement des inducteurs, le premier étant alimenté par une source extérieure, le second étant placé en dérivation sur le circuit principal.

Mais, outre la variation de la résistance de la conduite extérieure, il y a également les variations de l'effort résistant, dues au profit de la voie, qui entraînent une variation de vitesse de la locomotive, et par suite une variation de l'intensité. L'efficacité de ce système de générateurs devient dès lors illusoire et il reste la solution des résistances intermédiaires.

On peut, comme dans le cas précédent, déterminer dans les conditions normales, les divers éléments d'une locomotive électrique devant se produire un effort de traction déterminé (correspondant à une intensité I_0) pour une vitesse déterminée (correspondant à une force contre électromotrice l_0).

On admet la plupart du temps que les travaux internes t et t_1 sont négligeables, ce qui revient à appliquer aux machines électriques la loi de Ohm :

$$I = \frac{E - e_1}{R + r + r_1}.$$

On peut dans cette hypothèse examiner facilement ce qui se passe lorsque deux ou plusieurs locomotives sont alimentées par la même conduite.

Prenons le cas de deux locomotives :

La première, de résistance intérieure r_1, située à une distance du générateur correspondant à une résistance R_1 de la conduite, sera parcourue par un courant I_1.

La seconde de résistance intérieure r_2 située à une distance du générateur correspondant à une résistance $R_1 + R_2$ de la conduite, sera traversée par un courant I_2.

Les théorèmes de Kirchhoff appliqués à chaque circuit fermé donnent :

Digitized by Google

$$E - e_1 = (R_1 + r)\, I + r_1 I_1 ; \qquad (5)$$

$$E - e_2 = (R_2 + r\, I + (R_2 + r_2)\, I_2 ; \qquad (6)$$

avec $$I = I_1 + I_2. \qquad (7)$$

On en déduirait l'expression de la conservation de l'énergie que l'on peut écrire immédiatement :

$$E\,I = (R_1 + r)\, I^2 + e_1 I_1 + r\, I^2 + e_2 I_2 + (R_2 + r_2)\, I_2^2.$$

A un instant donné et pour une vitesse uniforme les efforts de traction des deux machines déterminent les valeurs de I_1 et I_2 et par suite les équations (5) (6) et (7) donnent les valeurs de e_1 et de e_2 c'est-à-dire de la vitesse des moteurs, et permettent de voir si le mouvement est possible.

On examinerait d'une manière analogue le cas de plusieurs locomotives alimentées par la même conduite.

Ces équations montrent bien la variation d'allure que prendra une locomotive lorsqu'on en mettra une autre dans le circuit ou lorsqu'on la retirera. Dans ce cas, la question industrielle de la traction électrique se complique; il faut, pour conserver l'allure des locomotives déjà situées sur la voie, augmenter le travail fourni par la source lors de l'introduction d'une nouvelle machine sur la conduite.

Les applications de ce second système de traction sont plus nombreuses que celles du premier. MM. Siemens et Halske en ont installé un grand nombre parmi lesquelles le chemin de fer électrique de Lichterfelde à Berlin, et celui de l'Exposition d'électricité de Paris en 1881[1], celui de Charlottemburg à Spandau. Le premier et le dernier de ces chemins qui sont encore en exploitation aujourd'hui ont environ 2500 mètres de longueur. Dernièrement Sir W. Siemens installait le chemin de fer électrique de la Chaussée-des-Géants (Portrush à Bushmills) dont le développement atteint 10 kilomètres.

Dans tous ces exemples la machine est placée sur la voiture à remorquer au-dessous du plancher de la voiture; les essieux moteurs sont commandés soit par des courroies, comme à

[1] Voy. l'*Électricien*, t. I, p. 237.

Digitized by Google

Berlin, soit au moyen d'engrenages ou de roues de friction d'une manière analogue à celle représentée sur la figure 1, et comme à Portrush. Au chemin de Lichterfelde, les conducteurs sont les rails isolés; au chemin de l'Exposition de Paris qui le suivit de près, on considéra cette disposition comme dangereuse (à la suite de quelques accidents survenus à Berlin) et on installa une transmission aérienne. A la Chaussée-des-Géants on fait usage d'une troisième rail.

Les locomotives électriques remorquant des trains sont plus rares; les premiers ont été des sortes de jouets exposés aux Expositions de Berlin en 1879 et de Bruxelles en 1880; il en existe aujourd'hui une application industrielle aux mines de Zankerode, en Saxe, sur une ligne de 700 mètres de longueur. La figure 1, extraite des *Annales de Glaser*, représente cette locomotive, qui pèse 1550 kilogrammes, et remorque un train de 10 wagons pesant 8 tonnes à la vitesse de 12 kilogrammètres à l'heure; elle peut effectuer un travail double, c'est-à-dire remorquer 15 ou 16 tonnes à la même vitesse.

La locomotive dont nous venons de parler a toutes ses roues motrices commandées par une même machine électrique. Il est probable qu'à mesure que les dimensions des locomotives augmenteront, leur forme variera également et dès qu'elles atteindront un poids et un diamètre de roues assez grands, peut-être faudra-t-il leur adjoindre des roues porteuses.

Dans le cas de la traction par accumulateurs, il y aurait peut-être lieu d'examiner si les accumulateurs doivent être placés sur la machine même ou sur un tender séparé.

La première solution permettrait d'utiliser le poids du plomb pour l'adhérence, la seconde faciliterait le chargement qui est assez long en faisant utiliser plusieurs tenders par la même machine.

Nous résumerons comme il suit la question de la traction électrique au point de vue de son exploitation.

La traction par accumulateurs permet d'utiliser les voies ferrées actuelles et n'entraîne à la rigueur que des modifications du matériel moteur; la traction par transmission, au contraire, exige une disposition spéciale de la voie. Il faut, dans ce dernier cas, une conduite spéciale pour la transmission qui est, soit

Digitized by Google

posée sur le sol, soit aérienne. Les installations de cette conduite sont très variées.

On peut dire en outre que ce dernier système de traction a donné de bons résultats pour remorquer un véhicule seul comme dans le cas des tramways ; mais on peut concevoir combien une exploitation aussi active et aussi variable que celle qui existe sur nos grandes lignes de chemins de fer entraînerait de complications dans l'emploi de cette solution. R. Séguéla.

EXPOSITION DE VIENNE

APPLICATIONS DE L'ÉLECTRICITÉ A L'ART MILITAIRE

Les applications de l'électricité à l'art militaire occupaient une place, sinon prépondérante, du moins très importante, à l'Exposition internationale d'électricité de Vienne ; aussi avons-nous pensé qu'il serait peut-être intéressant de résumer rapidement les appareils qui nous ont particulièrement frappé.

Section française. — Le ministère de la marine exposait, comme en 1881, à Paris, une collection fort intéressante d'appareils de son laboratoire central et que nous avons antérieurement décrits, pour la plupart, à l'exception toutefois des *vélocimètres* dont nous croyons devoir dire quelques mots.

Les appareils servant à la mesure des pressions, à l'intérieur des bouches à feu, et sur lesquels la poudre agit par l'intermédiaire d'un piston, logé dans un canal pratiqué en un point de l'âme, ne font connaître que les pressions locales développées en ce point. Ils ne donnent donc qu'une idée très imparfaite de la succession des pressions qui se développent dans l'âme.

On a pensé, avec juste raison, qu'il serait préférable de mesurer les pressions développées sur le culot du projectile. On a donc cherché à déterminer les espaces parcourus par ce projectile pendant les intervalles de temps successifs très petits de son trajet dans l'âme ; on espérait ainsi déduire, de la connaissance de ces pressions, la loi des espaces parcourus. Mais en

Digitized by Google

présence des difficultés résultant de la durée extrêmement courte du parcours du projectile dans l'âme (1 à 2 centièmes de seconde), on a été conduit à employer une solution approximative, et à faire usage de vélocimètres qui permettent de déterminer, à chaque instant, les déplacements de la bouche à feu : ces déplacements se produisent en sens inverse de ceux du projectile et dans le rapport inverse des masses.

Étant connue la loi du recul d'une bouche à feu, on peut évaluer, approximativement, les pressions s'exerçant sur le fond de l'âme.

Trois sortes de vélocimètres étaient exposés, savoir :

1° Vélocimètre à diapason électrique pour bouche à feu;

2° Vélocimètre à diapason électrique pour fusil;

3° Vélocimètre chronographe à diapason électrique.

Le vélocimètre à diapason électrique, couramment employé au champ de tir de Sevran-Livry, pour mesurer le recul des canons, est un appareil dans lequel l'enregistrement simultané des durées et des parcours est donné par un diapason entretenu électriquement, inscrivant ses traces sur un ruban d'acier, entraîné par la bouche à feu.

En ne considérant d'abord que les organes destinés à l'enregistrement de la loi du recul, l'appareil se compose d'un ruban d'acier, qui peut glisser dans une coulisse horizontale, fixée sur une planchette portant tout l'appareil, et disposée sur un support à côté de la bouche à feu.

Le ruban, percé d'un trou à une extrémité, est fixé par une vis dans une petite pince en laiton, vissée elle-même à l'extrémité d'un fil flexible et inextensible, en acier, terminé à l'autre bout par un petit étrier relié au point de la bouche à feu dont on veut étudier le recul.

Au-dessus du ruban, dont la face supérieure est recouverte de noir de fumée, est disposé un petit arbre, supportant en son milieu, un diapason vibrant, entretenu électriquement, et dont l'une des branches se termine par une plume que l'on peut amener en contact avec la face noircie du ruban, par un simple mouvement de bascule imprimé à l'appareil.

A côté de cette première plume, s'en trouve une seconde, montée sur une petite tige transversale, et disposée exactement

Digitized by Google

dans le prolongement de la première. De sorte que, si le diapason est au repos, les traits donnés par les deux plumes se superposent; tandis que si le diapason est mis en vibration, on obtient un trait unique, perpendiculaire à la trace dont nous venons de parler, dans le cas où le ruban est immobile; et une courbe ondulée, si le ruban se déplace, entraîné par la bouche à feu, par exemple.

La distance comprise entre les points de rencontre successifs de la sinusoïde avec la ligne droite, tracée par la seconde plume, fait connaître les parcours du canon pour les intervalles correspondants.

On peut donc construire une courbe donnant, en fonction des temps, les chemins parcourus par le canon. La différentielle première donnera les vitesses de recul, et la différentielle seconde les accélérations.

Un diapason donnant 1000 vibrations à la seconde suffit pour ces expériences.

Pour mesurer avec cet appareil les durées de trajet des projectiles dans l'air, il suffit de placer, à proximité du diapason, des enregistreurs électriques Marcel Deprez mis en relation avec les circuits électriques destinés à être rompus par le passage du projectile. Ces enregistreurs doivent être disposés de manière à tracer des traits parallèles sur la surface du ruban en mouvement.

Avec l'appareil nouveau modèle on peut employer jusqu'à 5 enregistreurs et obtenir ainsi 5 signaux distincts. Enfin, le retard, quoique très faible, du fonctionnement des appareils Marcel Deprez (1/2000 de seconde) ne peut être négligé; aussi a-t-on dû, dans ces expériences, se ménager le moyen d'en déterminer la valeur pour chaque enregistreur, avant le tir de chaque coup. Nous n'insisterons pas sur le dispositif employé que nous ne pourrions décrire sans dépasser le cadre que nous nous sommes tracé.

Le vélocimètre à diapason électrique peut être employé pour la détermination de la loi du recul d'un canon de fusil; mais dans ce cas, il est préférable de fixer le ruban, destiné à recevoir le tracé, sur l'arme même que l'on dispose à cet effet sur un support à glissière.

Digitized by Google

Afin de diminuer les poids mis en mouvement, et par suite obtenir des tracés présentant une amplitude plus grande, on a séparé le canon de fusil du fût, et la fermeture de culasse a été remplacée par un bouchon à vis, laissant seulement passer une broche pour la mise de feu électrique de la cartouche.

Le canon de fusil est serré entre deux colliers munis d'oreilles, pénétrant dans les rainures de deux règles métalliques fixées parallèlement sur un support. Ces colliers sont formés chacun de deux pièces, isolées du canon par un anneau en caoutchouc, et réunies par deux vis isolées elles-mêmes au moyen d'une rondelle en ivoire; l'une des oreilles-guides appartient à la pièce supérieure et l'autre à la pièce inférieure.

Le collier-arrière porte, en outre, deux ressorts frottant la face supérieure des règles-guides, et fixés tous deux sur la pièce supérieure. Enfin les deux règles sont mises en communication avec le circuit commun formé par les fils de retour des enregistreurs.

Il résulte de cette disposition que, pendant le mouvement de recul du fusil, le circuit des enregistreurs se trouve complété, à chaque instant, par la pièce du collier portant les frotteurs.

Le fusil recule de $0^m,50$ environ. Il vient alors frapper un heurtoir en bois retenu au moyen de lanières en caoutchouc et qui se trouve maintenu dans la position extrême où l'a amené le choc.

Le ruban et le diapason sont disposés, l'un par rapport à l'autre, comme dans l'appareil précédemment décrit. On fait usage ici de diapasons donnant 2000 vibrations à la seconde.

Comme nous le disions plus haut, le feu est mis électriquement à la cartouche pour éviter tout déplacement du fusil au moment de l'inflammation.

Pour transformer en vélocimètres chronographes les vélocimètres que nous venons de décrire rapidement, il suffit d'opérer directement le déplacement du ruban noirci, et de munir l'appareil d'un organe qui détermine la production du phénomène à enregistrer pendant la durée même de ce déplacement. On peut alors enregistrer les durées de phénomènes quelconques, autres que ceux qui se produisent pendant la durée du recul d'une bouche à feu.

Digitized by Google

A cet effet on a disposé symétriquement, par rapport à l'axe du ruban, une seconde tige métallique sur laquelle appuie un frotteur entraîné dans le mouvement du ruban, et mis en relation par un fil flexible avec la pile spéciale destinée à provoquer l'inflammation de l'amorce ou de l'étoupille électrique.

La tige, également en communication avec la pile, porte une bande isolante encastrée, sur laquelle appuie le ressort, de sorte que, normalement, le courant est interrompu; lorsque, après un certain temps, le frotteur se déplace, entraîné par le ruban, il vient appuyer sur la partie métallique de la règle et provoquer l'inflammation.

La tige symétrique, qui provoque la rupture simultanée des courants des enregistreurs, pour la détermination du retard du fonctionnement de ces appareils, peut être disposée de manière que l'on ait la certitude que les signaux de retard se produisent avant l'inflammation de façon à ce que les enregistreurs soient prêts à fonctionner au moment où se produira le phénomène que l'on veut étudier.

Cet appareil ainsi disposé peut servir à l'étude de tous les phénomènes auxquels le chronographe de chûte peut être appliqué. Nous n'insisterons pas.

Avant de quitter l'exposition du Ministère de la Marine, nous citerons, comme appareil nouveau, le compteur électrique de M. Coffinières de Nordeck, lieutenant de vaisseau, donnant automatiquement le nombre de tours d'une machine.

Ministère de la guerre. — Étaient exposés : la *voiture-poste de télégraphie militaire*, contenant un grand nombre d'appareils, lanterne, bobines portatives, horloge, etc.; enfin des appareils de télégraphie. Cette voiture est lourde, son mode de suspension un peu grossier, enfin elle présente en dernier lieu l'inconvénient d'avoir des appareils fixes solidaires de la voiture. Le *chariot* muni de son matériel, analogue comme construction aux prolonges de l'artillerie, est chargé des outils nécessaires à la pose des poteaux et des fils. Ces chariots ont jusqu'ici donné d'assez bons résultats. Comme on a pu voir ces appareils à Paris, nous pensons inutile de les décrire en détail; qu'il nous suffise d'en signaler la présence dans la Rotonde du Prater.

Nous citerons enfin la locomobile munie d'une machine

Digitized by Google

Brotherhood et d'une machine Gramme desservant un projecteur de lumière électrique du colonel Mangin.

La machine Gramme, du type CQ dite de 2500 becs, est directement actionnée par un moteur Brotherhood.

Le projecteur du colonel Mangin, de $0^m,60$ de diamètre, est monté sur un chariot à deux roues portant la lampe à main-manipulateur pour signaux. La portée de l'appareil est de 4000 à 5000 mètres.

Cet ensemble a été construit dans les ateliers de *MM. Sautter, Lemonnier et C^ie^*.

Cette dernière maison expose, en outre, des appareils pour la marine militaire, pour la défense des côtes, etc., qui sont parfaitement connus.

Des expériences ont été faites à Vienne, à la fin du mois d'octobre, avec les appareils de campagne, pour démontrer la grande utilité de la lumière électrique, pour la recherche des blessés, pendant la nuit, sur les champs de bataille. Ces expériences, très intéressantes, ont permis de se convaincre des ressources nouvelles que l'électricité fournissait pour cette application tout humanitaire.

M. Lartigue montrait à l'*Exposition de la Société générale des téléphones* un *conjoncteur* très simple permettant aux hommes les moins exercés de relier les lignes télégraphiques, aux avant-postes. Enfin, pour terminer ce qui a rapport à la section française, nous citerons la *pile sèche*, exposée par la *Compagnie des chemins de fer de l'Est*. C'est une pile Leclanché dans laquelle l'eau a été remplacée par du plâtre gâché et dont le zinc sert de récipient. Cette pile est d'un volume très restreint, sa résistance intérieure est de 1 ohm et sa force électromotrice de 1,3 volt.

Section anglaise. L'Angleterre n'avait exposé que fort peu de choses intéressant le sujet qui nous occupe. Nous citerons les modèles d'amorces employées dans l'armée, la marine, et pour le service des torpilles, exposés par sir F. Abel; ainsi que les appareils de sir F. Abel et du capitaine Noble, pour préciser les résultats et la pression obtenus dans la mise en feu de matières explosibles dans des espaces entièrement clos.

Digitized by Google

Nous décrirons simplement le *chronoscope* du capitaine Noble, servant à déterminer la vitesse avec laquelle un projectile parcourt les différentes parties d'un canon.

Le canon dont on fait usage dans les expériences est percé d'un grand nombre de canaux, normalement à l'âme. Dans chacun de ces canaux se visse une tige en fer portant une petite pièce articulée, faisant saillie dans l'âme, et que le projectile vient rencontrer à son passage. C'est l'interrupteur.

Cette rencontre produit la rupture d'un fil de cuivre faisant partie d'un circuit électrique et provoque une étincelle qui marque sa trace sur le chronoscope.

Cet appareil est formé de 6 disques métalliques montés sur un même arbre horizontal et animés d'un mouvement régulier très rapide, par l'intermédiaire de rouages et de poids.

A proximité de la tranche de chaque disque, se trouve disposée une pointe métallique, communiquant avec un circuit électrique induit, correspondant au circuit inducteur qui passe dans l'une des tiges vissées dans le canon. C'est lorsque ce dernier circuit se trouve rompu, qu'une étincelle, jaillissant de la pointe, marque sa trace sur la tranche du disque correspondant.

On conçoit que, la vitesse angulaire des disques étant connue, l'on puisse mesurer les temps employés par le projectile pour franchir les diverses parties de l'âme, en évaluant exactement les écarts angulaires des traces laissées sur la tranche des disques.

Bien que cet appareil ne soit pas absolument nouveau, nous avons cru devoir en décrire le principe, car c'est à l'aide de ce chronoscope que la Commission des substances explosives, fonctionnant en Angleterre, a déterminé des courbes montrant les différences considérables, sous le rapport des pressions, que peuvent donner des poudres différentes imprimant à peu près les mêmes vitesses initiales à un projectile. L. Chenut.

Digitized by Google

APPAREIL ÉLECTRIQUE DE SURETÉ POUR GÉNÉRATEURS

SYSTÈME SCHWARTZKOPFF (DE BERLIN)

L'appareil qui fait l'objet de cette note a pour but d'indiquer à distance, par un signal acoustique, les phénomènes dangereux qui peuvent se produire dans la marche des générateurs : pression trop élevée, hauteur d'eau insuffisante dans la chaudière, etc.

Le principe en est basé sur la fonte d'un alliage à une température déterminée. L'appareil de M. Schwartzkopff est formé de deux tuyaux concentriques *i* et *a* (fig. 2); dont l'un, le tuyau intérieur *i*, bouché à sa partie inférieure, reçoit deux fils métalliques *d* et d_1 passant dans un bouchon en matière isolante *m*.

C'est aux deux extrémités de ces fils que sont fixées les deux boîtes contenant l'alliage fusible en forme d'anneaux fendus. Les anneaux *l* et l_1 ainsi que le bouchon isolant à embase conique *k* et k_1, sur lequel ils se trouvent placés, sont enveloppés de cylindres en cuivre mince *c* et c_1 ajustés contre le tuyau intérieur. Les anneaux d'alliage sont d'ailleurs protégés de l'action de l'air atmosphérique, de la poussière, etc., par des masses *v* et v_1.

Le tuyau *i* plonge dans la chaudière jusque dans le voisinage du ciel du foyer.

Le tuyau extérieur *a* est ouvert à sa partie inférieure qui affleure le niveau minimum de l'eau dans la chaudière.

L'espace annulaire, compris entre les deux tuyaux, ne règne pas sur toute la hauteur de l'appareil, et la communication est établie entre deux parties par un serpentin *o*.

Un robinet *h*, placé à l'extrémité supérieure du tuyau extérieur, lors de la mise en feu, permet à l'air contenu dans l'espace annulaire de s'échapper. Cet espace doit toujours être rempli d'eau jusqu'au point le plus haut.

L'alliage du haut fond dès que l'eau de la chaudière est arrivée à son niveau minimum; car à ce moment toute l'eau contenue dans l'espace annulaire retombe dans la chaudière. Elle est remplacée aussitôt par de la vapeur qui fait

Digitized by Google

fondre l'alliage dont la température de fusion est voisine de

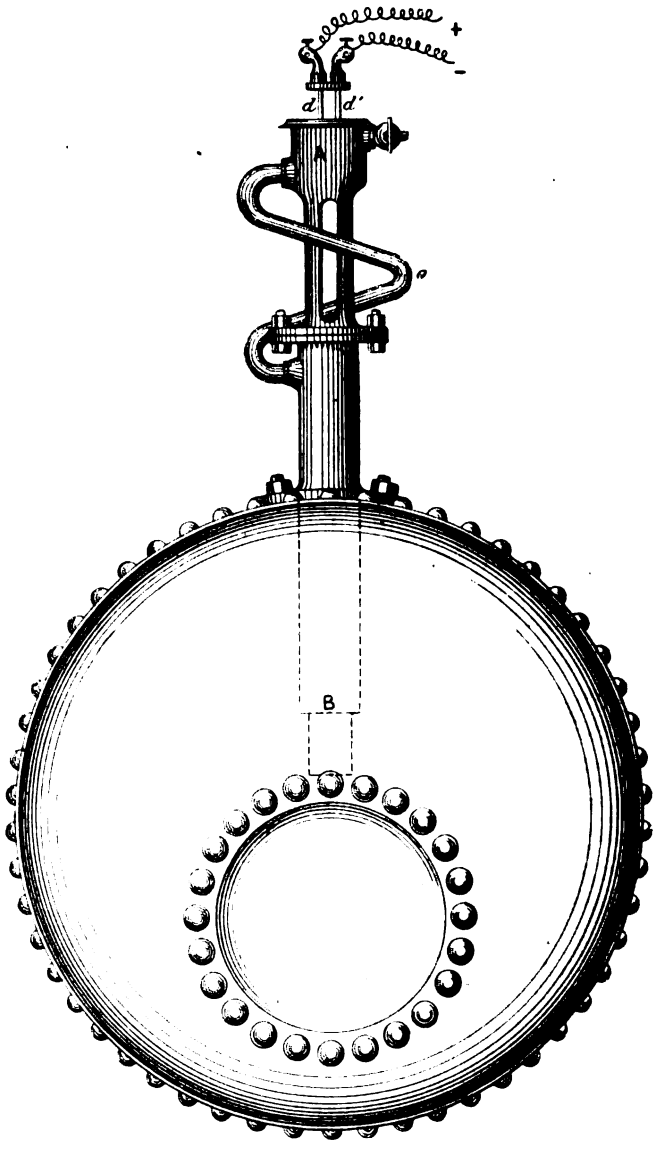


Fig. 1. — Vue d'ensemble.

100 degrés centigrade. Une sonnerie se mettra aussitôt à tinter.

Digitized by Google

L'alliage du bas fond dès que la partie inférieure du tuyau a atteint une température correspondant au maximum de la pression ou même supérieure à cette température. Ce fait se produit par suite d'une pression trop élevée, d'un retard dans l'ébullition, enfin dans le cas où l'on a mis en feu sans alimenter.

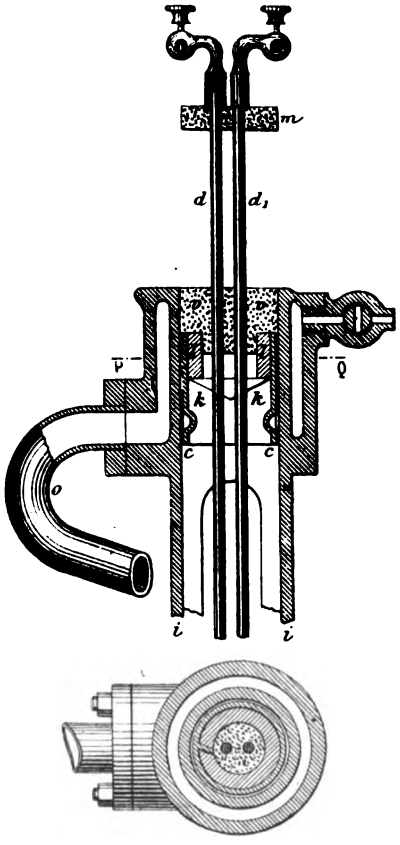


Fig. 2 et 3. — Coupes de la partie supérieure.

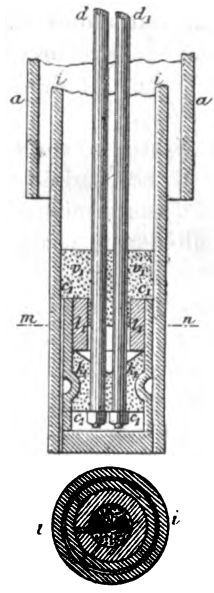


Fig. 4 et 5. — Coupes de la partie inférieure.

Le métal fondu, en coulant dans l'entonnoir formé par la masse k et k_1, met les fils d et d_1 en contact métallique, ce qui fait également marcher une sonnerie.

De cette manière. on sera toujours averti assez à temps d'un danger pour qu'on ait le temps d'y apporter remède.

Digitized by Google

L'appareil peut être remis en état, dès que l'alliage a été fondu, en peu d'instants et sans qu'il soit nécessaire d'interrompre le travail.

Cet appareil fonctionne depuis deux ans sur un grand nombre de générateurs; partout les résultats obtenus ont été satisfaisants et bien des fois déjà il a empêché, par un signal fourni au moment voulu, des explosions toujours très dangereuses.

Louis Chenut.

CORRESPONDANCE ANGLAISE

Un nouveau photomètre. — MM. Silvanus P. Thompson et C. Starling, viennent de faire breveter un nouveau photomètre auquel ils ont donné le nom d'Universel (*Thompson and Starling's Universal Patent Photometer*).

Cet appareil, d'après les inventeurs, est le seul photomètre, avec lequel il soit possible actuellement de mesurer des intensités lumineuses d'une demi-bougie à 10 000 bougies; il est, par conséquent, particulièrement propre à la mesure des foyers électriques de toute nature.

Le photomètre proprement dit (fig. 1) se compose d'une barre graduée, au milieu de laquelle sont fixés, dos à dos, deux écrans opaques, réunis l'un à l'autre et faisant entre eux un angle léger.

La lumière à mesurer est projetée sur l'un des écrans; la lumière étalon est fournie par deux bougies types de spermaceti. Les intensités relatives sont établies en faisant varier la position respective des deux bougies types, et du foyer à mesurer; l'échelle de la barre divisée réduit les calculs à un minimum.

La méthode employée pour les intensités inférieures à 50 candles (5,2 carcels) étant légèrement différente de celle employée pour les intensités supérieures à cette puissance, nous allons décrire le *modus operandi* se rapportant à ces deux opérations.

Mesure de foyers d'intensités inférieures à 50 candles (5,2 becs Carcels). — La barre MN du photomètre (fig. 1) porte deux pieds RR, permettant de placer l'appareil sur une table, à une hauteur convenable. Le bloc en forme de coin, qui reçoit les deux écraus, est fixé au milieu de la barre. Comme l'œil de l'expérimentateur est placé perpendiculairement aux écrans S, lors des observations, il faut que

Digitized by Google

la table ne soit pas trop haute, le sommet de l'angle formé par les écrans devant se trouver à 30 centimètres, au moins, au-dessous de l'œil de l'expérimentateur.

La première moitié de la barre est graduée, de M à S, d'une façon spéciale, et, sur cette moitié, se meut le chariot porte-bougies. Les bougies étalons sont placées dans des chandeliers, de chaque côté de la barre, et doivent être relevées, de temps en temps, pour maintenir les pointes des flammes au niveau du sommet de l'angle formé par les écrans S.

Les bougies doivent être de la qualité voulue (étalons).

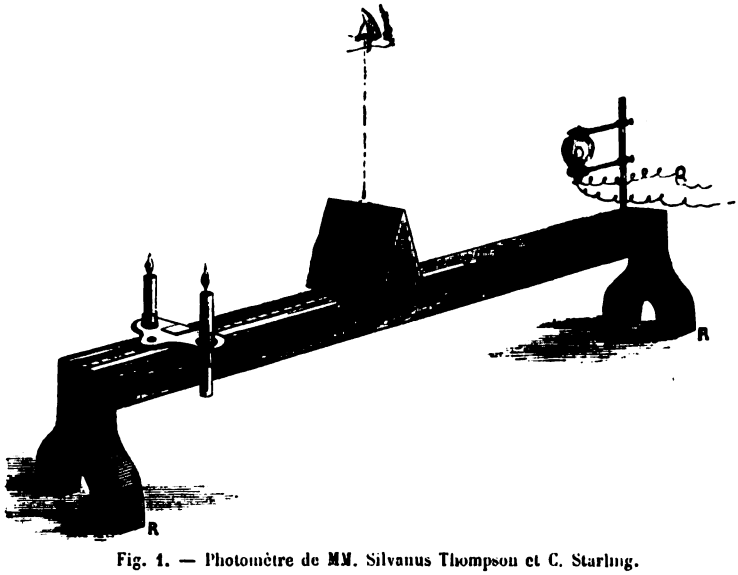


Fig. 1. — Photomètre de MM. Silvanus Thompson et C. Starling.

Les bougies Sugg, de première qualité, brûlant à raison de 13 grammes à l'heure, sont les meilleures; cependant, si parfaites qu'elles soient, elles sont sujettes à des variations inévitables, qu atteignent, pour une bougie unique, 3 à 4 pour 100 de la puissance lumineuse. Ces variations se trouvent très atténuées par l'emploi de deux bougies. Pour que les observations aient lieu dans des conditions normales, il est nécessaire de laisser brûler les bougies quelques minutes avant l'expérience.

Dans les cas qui exigent une très grande exactitude, on pèse les bougies avant et après l'opération, et, si elles n'ont pas brûlé à raison de 13 grammes à l'heure, une simple proportion permettra de faire

Digitized by Google

la correction et d'établir exactement la puissance lumineuse du foyer expérimenté. Mais, en général, l'approximation est suffisante sans le secours des pesées.

Le foyer, dont on veut mesurer l'intensité lumineuse, est placé à l'autre extrémité de la barre graduée, et est maintenu par un rapport mobile qui se visse dans une embase.

La lampe étant placée dans son support, l'expérimentateur dispose une paire d'écrans, de couleur rouge par exemple, sur le support central S; se plaçant alors perpendiculairement, il observe si l'un des deux écrans est plus éclairé que l'autre, auquel cas, il fera mouvoir le chariot porte-bougies en avant et en arrière, jusqu'à ce que les deux écrans soient également éclairés, résultat qui, avec un peu d'attention et d'exercice, peut être obtenu avec beaucoup plus d'approximation que cela n'est possible avec tout autre système de photomètre. Il ne restera plus qu'à lire le résultat, indiqué sur la barre graduée par l'arête du chariot, entre les deux bougies, et à diviser le résultat par 100; ainsi si l'échelle indique 1350, l'intensité lumineuse sera de 13,50 candles.

L'on substitue alors une autre paire d'écrans, soit bleus ou verts, aux rouges et l'on fait une nouvelle expérience.

Comme la lumière d'une bougie est dépourvue de rayons bleus ou verts, lorsqu'elle est comparée avec d'autres lumières plus blanches, l'on trouvera, en général, que plus une lumière sera blanche, plus son intensité sera considérable lorsqu'elle sera mesurée avec des écrans verts ou bleus, comparée à celle obtenue avec des écrans rouges.

Mesures de foyers d'intensités de 50 *à* 10 000 *candles* (5,2 *à* 1040 *carcels*) *ou plus.* — Pour la mesure de foyers à arc, ou de lampes d'une puissance lumineuse supérieure à 50 candles (5,2 carcels), on adopte la disposition suivante:

La barre graduée MN est placée sur un léger trépied, et le miroir elliptique T, monté sur son bloc cylindrique T, est fixé en position sur la barre (fig. 2). Une mesure en ruban, fournie avec l'appareil, est fixée sur un bouton dont est muni le miroir T, à sa partie inférieure, et est développée dans une direction perpendiculaire à la barre graduée.

Le photomètre doit alors être placé de telle sorte que la lampe, dont la puissance lumineuse est recherchée, soit immédiatement au-dessus de l'un des points marqués sur le ruban. Les marques ABCDEF du ruban son espacées à certains intervalles, A étant la plus rapprochée du photomètre. Pour des foyers inférieurs à 1000 candles (140 carcels) le point A est choisi arbitrairement. Pour des foyers

Digitized by Google

d'intensités supérieures, les distances les plus longues sont les plus

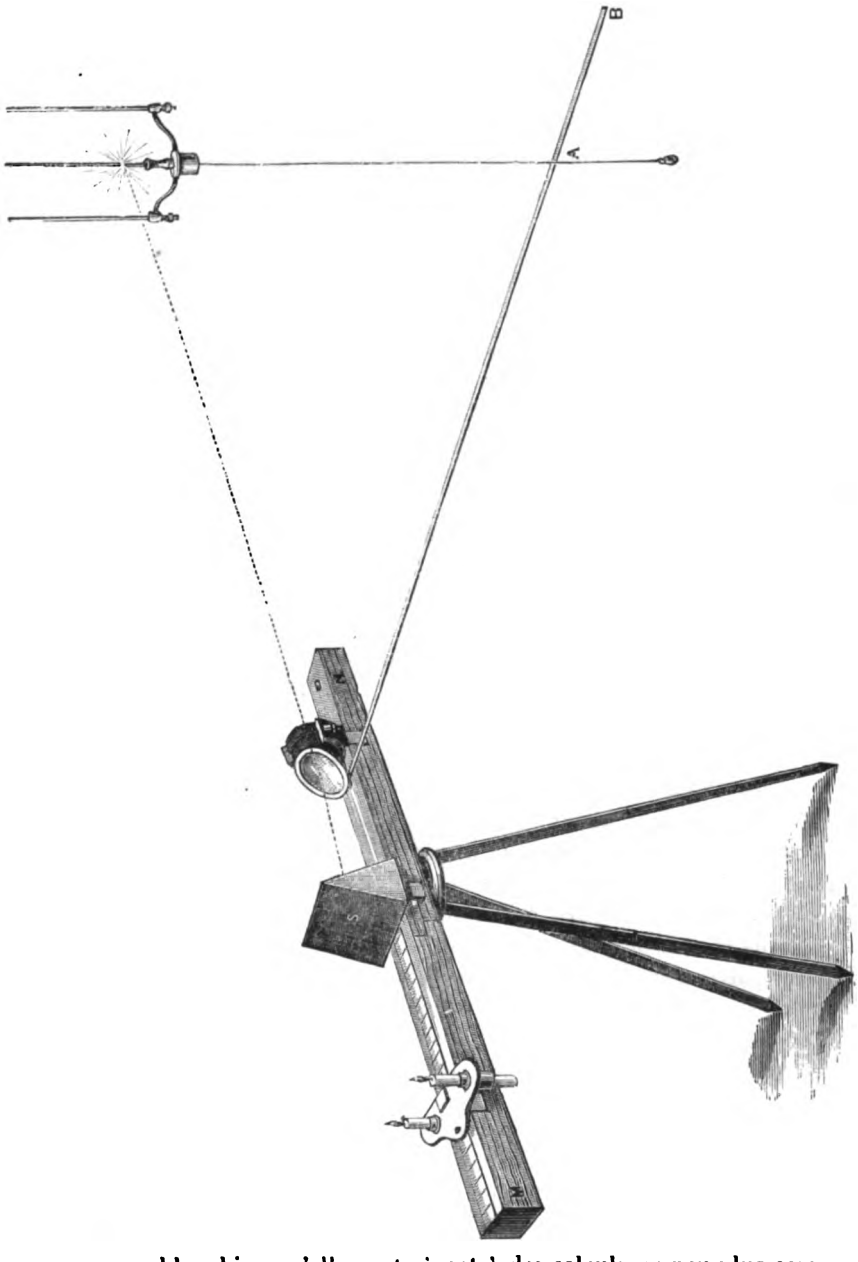


Fig. 2. — Disposition du photomètre pour la mesure des foyers intenses.

convenables, bien qu'elles entraînent à des calculs un peu plus com-

Digitized by Google

pliqués. Le point A (ou B, C, etc., suivant le cas) ayant été amené sous la lampe, l'on tourne le miroir T jusqu'à ce que la lumière du foyer se projette sur l'un des écrans S; l'observateur se tenant près du trépied, du côté de la barre graduée où le ruban est développé, placera son œil perpendiculairement à l'écran S et fera voyager le chariot jusqu'à ce que l'égalité soit obtenue.

La puissance lumineuse de la lampe sera alors indiquée exactement, si la lampe est en A et au niveau du photomètre; il faudra multiplier le nombre lu par 2, 3, 4, 5, etc., suivant que le foyer à mesurer sera placé au-dessus du point B, C, D, E, F, etc.

Dans le cas où le foyer ne serait pas de niveau avec le photomètre, la puissance lumineuse doit être multipliée par l'un des facteurs donnés dans la table ci-dessous, suivant le degré d'élévation du foyer au-dessus du miroir-cylindre, la distance angulaire étant obtenue par une lecture des gradations dudit miroir-cylindre.

Théorie du protomètre. Supposons que le foyer soit à 100 pouces de l'écran S, d'un côté, et de 100 bougies; d'après la loi du carré inverse des distances il sera équilibré par un foyer de 2 bougies, à 14, 14 pouces (la racine carrée de 200) placé de l'autre côté de l'écran.

Si nous suivons la loi inverse du carré des distances et effectuons le calcul des carrés des distances, nous verrons que ces valeurs sont immédiatement établies. Car : 100 (1 : 10 × 10) est la même proportion que 2 : 200 (2 : 14,14 × 14, 14) ou que 100 : 10000 (100 : 100 × 100).

Si, par conséquent, il n'y avait aucune absorption par le miroir, un foyer de 100 bougies, placé à 100 pouces de distance (soit au point A du ruban gradué), serait équilibré par les 2 bougies à 14, 14 pouces de la barre graduée. De là, la marque 100 sur l'échelle. Si le foyer en A était de puissance supérieure, 200 bougies par exemple, les 2 bougies devraient alors être rapprochées. Mais les miroirs les plus parfaits absorbent de la lumière dans une proportion qui varie avec leur épaisseur; et dans cet appareil, l'absorption, de ce fait, est évaluée entre 16 et 20 pour 100.

L'absorption de chaque miroir est essayée séparément et compensée, ce qui évite une complication de calculs. L'absorption étant mesurée, la distance du point A est déterminée de manière à ne pas être exactement le mesure idéale de 100 pouces du cas de non-absorption, mais plutôt moins. Si nous savons que 80/100 seulement de la lumière incidente est réfléchie par le miroir, la distance, au lieu d'être de 100 pouces, sera de $100 \times \sqrt[2]{\frac{8}{10}}$. Le point A est alors

Digitized by Google

fixé de manière à correspondre avec la moyenne d'absorption du miroir. Le point B qui, s'il n'y avait pas d'absorption serait à 141,4 ($=\sqrt[3]{20000}$) pouces, devra de même être rapproché ainsi que les points CDEF, etc.

Dans le cas où le foyer n'est pas de niveau avec le photomètre, un calcul additionnel sera nécessaire et dépendant de l'angle que les rayons lumineux forment avec le miroir.

Soit PA la distance horizontale le long du ruban, du photomètre P au point A (ou B, C, etc.), sous le foyer. La véritable distance du foyer au photomètre est la longueur PL. Le moyen le plus simple de cal-

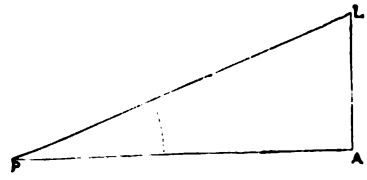


Fig. 5.

culer cette distance est de lire, sur le cylindre derrière le miroir, l'angle dont on a tourné le miroir, et se référant à une table trigonométrique, trouver la sécante de cet angle, et la multiplier par la longueur du ruban.

Mais si les longueurs ABC, etc., sont « corrigées » comme tout facteur de changement de distance doit être élevé au carré pour satisfaire à la loi du carré des distances, le seul calcul nécessaire est de multiplier le résultat précédemment obtenu par le carré de la sécante de l'angle.

Ces coefficients sont donnés dans la table ci-après, les nombres étant les carrés des sécantes.

TABLE DE CORRECTIONS ANGULAIRES

Degrés d'élévation du foyer.	Coefficients.
0°.	1,000
5°.	1,008
10°.	1,051
15°.	1,072
20°.	1,132
25°.	1,217
30°.	1,333
35°.	1,490
40°.	1,704
45°.	2,000
50°.	2,420

Pour de grands angles, ces corrections cessent d'être approximati-

Digitized by Google

vement exactes, puisque la vraie distance du foyer à l'écran est plus grande que la distance dudit foyer au miroir, le miroir étant lui-même à quelques pouces de l'écran opaque. J.-A. Berly.

NOUVELLE MACHINE DYNAMO-ÉLECTRIQUE

A COURANTS REDRESSÉS

DE M. A. GÉRARD

Les machines à courant continu, quelle que soit d'ailleurs la forme de l'induit, anneau, pôle ou tambour, présentent de sérieuses diffi-

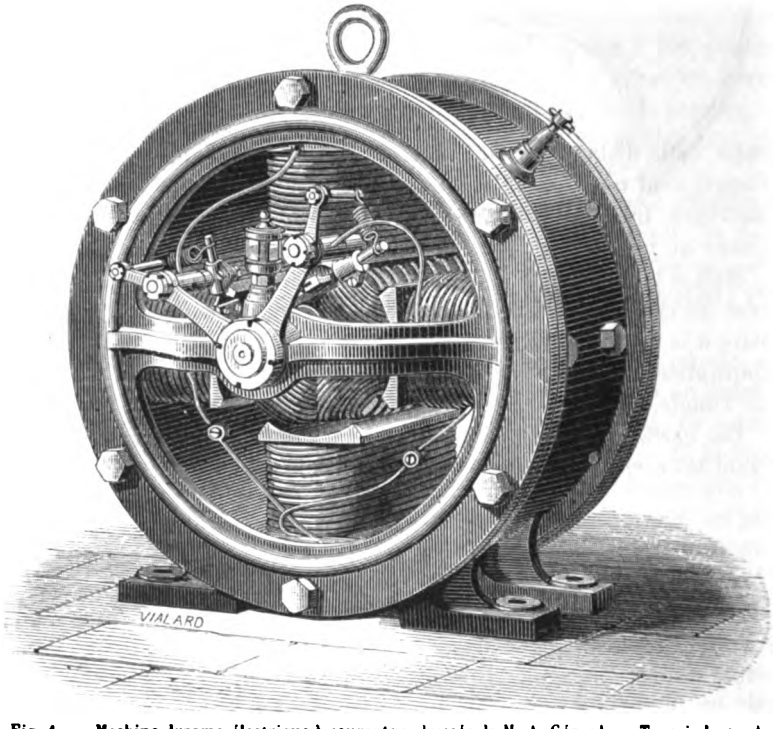


Fig. 1. — Machine dynamo-électrique à courants redressés de M. A. Gérard. — Type industriel.

cultés de construction dès qu'on veut les établir dans des proportions un peu restreintes, ce qui en augmente singulièrement le prix. Dans le but de vaincre la difficulté et de construire à un prix mo-

Digitized by Google

dique des machines dynamo-électriques destinées à rendre d'utiles services dans l'enseignement, et répandre de plus en plus le goût de la science, M. Anatole Gérard a imaginé la machine dynamo-électrique à courants redressés que nous représentons ci-dessous. La figure 1 est la machine de plus grand modèle destinée aux applications industrielles, et mise en mouvement par une machine à vapeur :

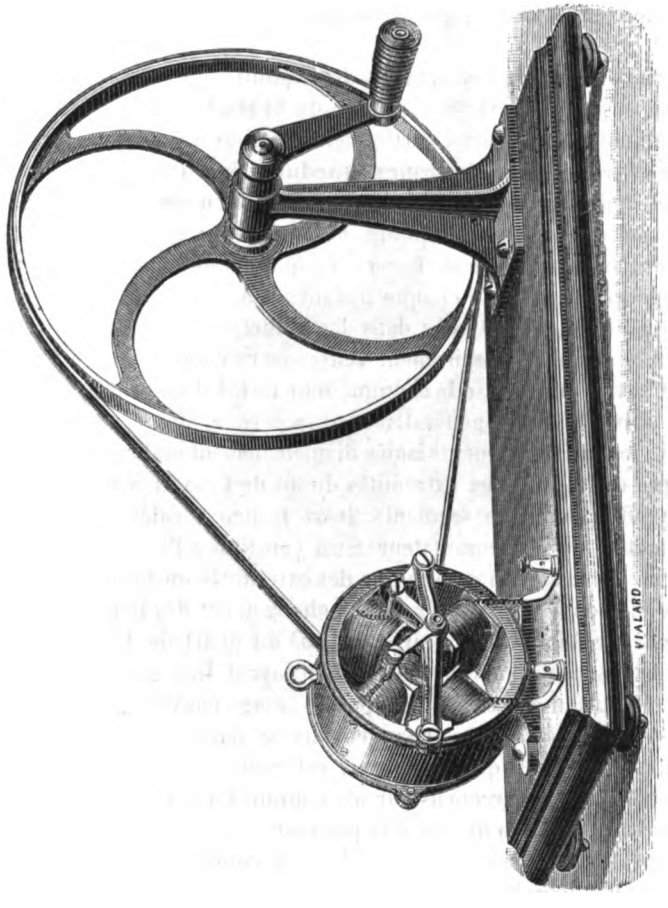


Fig. 2. — Machine de M. A. Gérard. — Modèle scolaire.

elle ne diffère pas, en principe, du petit modèle scolaire actionné par une manivelle (fig. 2), ou du modèle de laboratoire de plus grande puissance représenté figure 3.

Cette machine appartient à la classe des dynamos à courants redressés, à induits à pôles mobiles, et à inducteurs fixes montés en circuit. C'est une *series-dynamo*, suivant l'expression anglaise adoptée.

Digitized by Google

L'inducteur se compose d'un tambour en fonte alésé intérieurement sur lequel sont disposés quatre électros en croix ; ces quatre électros laissent au centre un espace cylindrique dans lequel vient se loger l'induit. Cet induit est formé également de quatre branches rayonnantes disposées à 90 degrés. Les quatre électros de l'inducteur sont montés en tension et reliés de telle sorte que, lorsqu'un courant les traverse, les quatre pôles développés en regard de l'induit sont alternativement de signes contraires et, par conséquent, diamétralement de même signe.

Les quatre bobines des électros de l'induit sont aussi montées en tension, et les deux extrémités libres du fil reliées aux coquilles d'un commutateur d'une forme particulière et nouvelle. Si l'on étudie en effet le développement des courants induits dans chacune des quatre bobines mobiles, pour un tour complet de la machine, on voit que ce courant change de sens quatre fois par tour; les quatre bobines sont couplées en tension de façon à ce que les forces électromotrices développées s'ajoutent à chaque instant; mais pour envoyer un courant toujours de même sens dans les inducteurs et dans le circuit extérieur, il faut nécessairement redresser ce courant quatre fois par tour. C'est ce que réalise le commutateur formé d'un tube cylindrique fendu suivant quatre génératrices disposées à 90 degrés l'une de l'autre ; les quatre segments isolés diamétralement sont reliés entre eux deux par deux, les deux extrémités du fil de l'induit s'attachent sur chacune des paires de segments. Deux frotteurs calés à 90 degrés s'appliquent sur le commutateur ainsi constitué : l'un d'eux est, par suite, en communication avec une des extrémités du fil de l'induit, et le second avec l'autre extrémité. Le changement des liaisons s'opère donc chaque fois que l'induit a effectué un quart de tour; le changement de sens du courant dans l'induit ayant lieu aussi par chaque quart de tour, il en résulte que, par un calage convenable des balais, on peut faire coïncider les changements de liaisons avec les changements de signe, et que le circuit extérieur ainsi que les électros inducteurs seront parcourus par un courant toujours de même sens, mais passant par zéro quatre fois par tour. Ce mode de redressement des courants a permis de construire un commutateur d'une forme simple et d'établir la machine à un prix peu élevé. Bien que le courant varie d'intensité, puisqu'il est nul quatre fois par tour, les inducteurs présentent assez d'inertie magnétique pour que la machine ne se désamorce pas. Les induits sont, au contraire, formés de feuilles de tôle très minces, juxtaposées, de façon à réduire à un minimum la production des courants de Foucault, et à faciliter les changements rapides de polarité pendant la rotation.

Digitized by Google

Le modèle scolaire est accompagné de toute une série d'accessoires qui permettent de démontrer simplement et rapidement tous les phénomènes fondamentaux de l'électricité : boussole, électro-aimant, moteur électrique, lampe à incandescence, fusées, voltamètre, accu-

Fig. 5. — Machine de M. A. Gérard. — Modèle de laboratoire.

mulateur, cuves à dorure, argenture et nickelage, sonnerie, bobine d'induction, tube de Geissler, solénoïde, galvanomètre, etc., etc.

En créant cette ingénieuse petite machine et le nombreux matériel d'enseignement qui l'accompagne et la complète, M. A. Gérard a fait une œuvre utile de vulgarisation scientifique à laquelle nous souhaitons le plus vif succès.

Digitized by Google

BIJOUX ÉLECTRIQUES LUMINEUX

DE M. G. TROUVÉ[1]

L'on a fait depuis quelques mois, au Savoy-Théâtre de Londres et à l'Exposition d'électricité de Vienne, une application intéressante des petites lampes à incandescence pour l'éclairage de bouquets fleurs lumineuses, et de bijoux dont l'éclat laisse bien loin derrière lui tous les feux des rubis et des diamants du monde. Ces petits appareils étaient alimentés par des accumulateurs relativement volumineux et encombrants, et ne produisaient pas tout l'*effet* qu'on en pouvait obtenir. M. G. Trouvé vient de donner à ces appareils la forme la plus

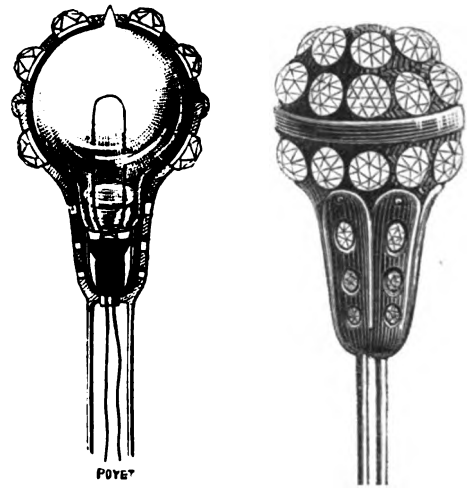


Fig. 1. — Coupe longitudinale et vue extérieure d'un bijou électrique de M. G. Trouvé.

pratique en perfectionnant à la fois le mode d'utilisation de la lumière et la source électrique. Ces bijoux se composent en principe d'une lampe à incandescence d'un très petit modèle dissimulée à l'intérieur d'une enveloppe formée de lentilles de verres rouges et blancs à facettes imitant des rubis et des diamants. La figure 1 représente une coupe longitudinale et une vue extérieure d'une épingle à cheveux ainsi constituée. M. Trouvé construit aussi sur le même principe des épingles de cravate; une de ces épingles porte un gros diamant de face qui projette ses rayons dans une direction donnée, ce qui permet de lire

[1] Voy. l'*Électricien* du 1er mai 1883, n° 50, p. 404.

Digitized by Google

un journal en s'en servant comme d'une lanterne ; signalons encore une pomme de canne, des colliers et des diadèmes pour les danseuses, etc.

Ces appareils sont mis en action par une pile zinc-charbon-bichromate de potasse de très petite dimension, et formant des éléments couplés en tension en nombre variable de 2 à 5, suivant la nature des effets à obtenir, leur durée et leur puissance.

L'élément le plus employé est constitué par trois couples zinc-charbon à crayons circulaires, disposés dans trois compartiments d'une auge en ébonite dont les dimensions extérieures sont : 6 centi-

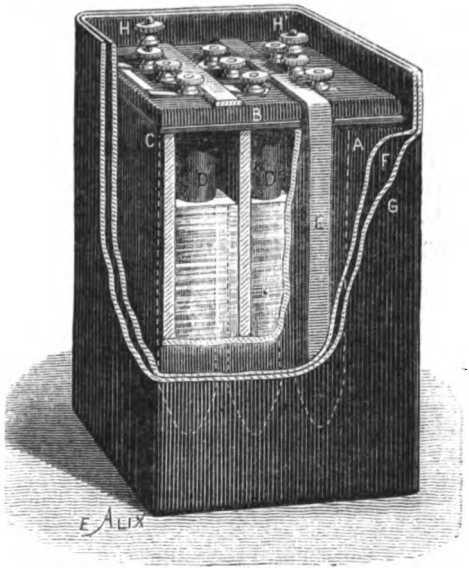


Fig. 2. — Coupe de la pile hermétique au bichromate de potasse de M. G. Trouvé. Modèle de trois éléments.

mètres d'épaisseur, 7 centimètres de largeur et 10 centimètres de hauteur (fig. 2). La solution employée par M. Trouvé est la solution au bichromate de potasse de ses piles à grand débit[1].

Le couvercle qui porte les éléments est également en ébonite et constitue, avec une feuille C de caoutchouc souple, une fermeture étanche à la manière des soupapes de sûreté des machines à vapeur, pressé qu'il est sur les auges A par les deux bracelets EE' en caoutchouc très élastique. Pour plus de sûreté, le tout est introduit dans une enveloppe simple ou double FG en caoutchouc mince et

[1] Voy. l'*Électricien*, n° du 15 mai 1883.

Digitized by Google

léger, dans laquelle ou lesquelles se produiraient de légers suintements, si parfois la pile était soumise à une danse trop désordonnée. Comme on le voit, l'étanchéité est complète, surtout si l'enveloppe G recouvre l'enveloppe F comme se recouvrent les deux parties d'un porte-cigare qui pénètrent l'une dans l'autre. Les deux boutons HH' reçoivent les fils conducteurs qui se rendent aux bijoux ; un petit commutateur, placé sur le trajet des cordons, permet d'illuminer le bijou à volonté. La durée de l'éclairage sera de trente à trente-cinq minutes consécutives avec la petite pile représentée en grandeur naturelle (fig. 2) et de une heure un quart avec le grand modèle, qui se loge encore très facilement dans une poche de derrière d'un paletot ou dans celle d'un pardessus. Enfin, quelques amateurs la portent à la ceinture, sous le vêtement, par le moyen d'une ceinture fixée à l'enveloppe G. Lorsque les effets à obtenir sont de courte durée, comme au théâtre, la pile grand modèle peut alimenter un plus grand nombre de lampes ; pour le diadème, il faut des lampes plus puissantes alimentées par cinq éléments en tension au lieu de trois.

En somme, M. G. Trouvé, en construisant ses élégants bijoux électriques, a su mettre la science au service de la fantaisie, une fantaisie qui fera le succès des réunions mondaines de cet hiver.

NOUVELLE VÉRIFICATION DE LA LOI DE JOULE

PAR ALFRED REINISCH

Quand on veut se servir d'un fil de plomb comme fil de sûreté dans une installation de lampes à arc ou à incandescence, il y a lieu de rechercher pour quelle intensité un fil d'une section donnée entre en fusion. En pratique, on se contente d'admettre 8 ampères comme intensité maxima par millimètre carré de section de fil de plomb, et l'on choisit une sécurité de 2 à 3 fois plus grande. Supposons, par exemple, un lustre composé de 30 lampes Swan, recevant chacune un courant de 1,4 ampère ; il faudrait, à sécurité trois fois plus grande, adopter un fil de plomb de 15,75 millimètres carrés de section.

On a jugé convenable de garder toujours la même section de fil de plomb et d'en faire varier la longueur de façon que, pour une intensité donnée, on obtienne la fusion. Dans ce but, on a soumis des longueurs diverses d'un fil à plomb, de 2 millimètres de diamètre, à des intensités variables et l'on a trouvé pour une série d'expériences les valeurs

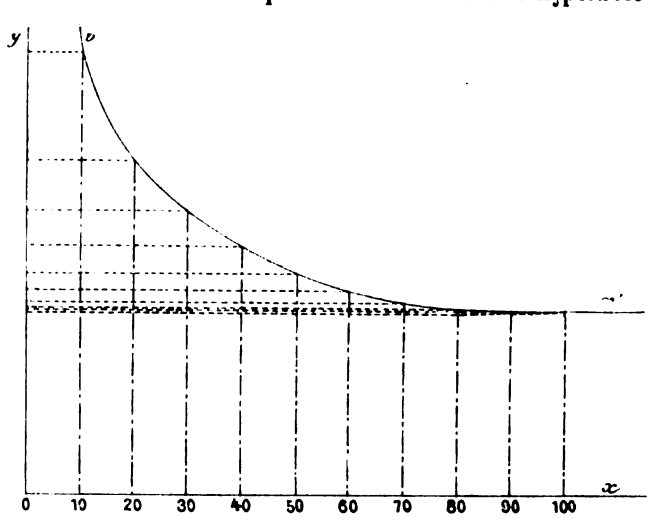
Digitized by Google

moyennes suivantes relativement au nombre d'ampères correspondant à la fusion d'une longueur de fil déterminée :

Longueurs.	*Intensités.*
100 millimètres	38,74 ampères.
90.	39,38
80.	40,01
70.	41,24
60.	43,60
50.	46,91
40.	50,01
30.	56,80
20.	66,84
10.	87,33

Si l'on prend les longueurs comme abscisses, et comme ordonnées les intensités nécessaires à la fusion de ces longueurs, on obtient une courbe qui en coordonnées rectangulaires est représentée par la ligne VV'.

Il est facile de reconnaître que cette courbe est une hyperbole ayant



les axes des y et des x comme asymptotes, et convergeant plus vite vers l'axe des y que vers celui des x.

On arrive au même résultat en appliquant la loi de Joule. Car si pour le moment on fait abstraction du temps nécessaire à la fusion du fil, et qu'on représente la longueur par x, l'intensité par y, la section étant supposée constante, on a :

$$y^2 x = C.$$

La courbe représentée par cette équation est une hyperbole du

Digitized by Google

3e degré qui a pour asymptotes l'axe des x et celui des y et qui converge plus rapidement vers l'axe des y que vers celui des x.

Si l'on veut tenir compte du temps z pendant lequel le courant doit passer pour opérer la fusion, en supposant toujours la section constante, on a :

$$y^2xz = C.$$

Cette équation représente une surface du 4e degré, qui, coupée par un plan parallèle au plan des xy ou à celui des zx donne une courbe vv'.

Les résultats pratiques cités plus haut viennent donc confirmer une fois de plus la loi de Joule. (*Zeitschrift des elektrotechnischen vereines in Wien.*)

REVUE DES SOCIÉTÉS SAVANTES

ACADÉMIE DES SCIENCES

Séance du 19 novembre 1883.

Sur l'énergie électrochimique de la lumière. — Mémoire de M. F. Griveaux. (Extrait par l'auteur.) — (Commissaires : MM. Edm. Becquerel, Jamin, Cornu.)

Je substitue la mesure des *forces électromotrices* développées à celle des intensités des courants produits.

Je me sers de la méthode du potentiomètre de Clark. Comme pile de comparaison, se trouvant en circuit ouvert ainsi que la pile formée par les lames d'argent sensibilisées, plongeant dans l'eau acidulée, j'emploie des étalons Latimer-Clark. La pile employée en circuit fermé est une pile Daniell. Les trois piles sont maintenues dans la glace fondante, pour éviter les perturbations qui résultent des variations de la température.

Un électromètre de M. Lippmann, placé dans le circuit de la pile photochimique, permet les mesures ; un galvanomètre de Ruhmkorff, placé dans le circuit de la pile Latimer-Clark, sert à régler plus facilement l'appareil.

Les deux résistances, dont le rapport doit donner le rapport cherché des forces électromotrices, sont développées au moyen de deux rhéostats

Digitized by Google

de Pouillet, ayant des fils de platine identiques. De cette façon, tout se ramène à un rapport de longueurs, par conséquent à des mesures de longueur. Le rhéostat placé dans le circuit de la pile de Daniell, et qui doit produire la résistance arbitraire, porte une échelle graduée en centimètres. Le rhéostat placé dans le circuit de la pile à lames d'argent porte une règle divisée en millimètres, le long de laquelle court un vernier au $\frac{1}{10}$, qui porte le godet plein de mercure dans lequel passe le fil. La mesure des longueurs se fait donc avec une très grande précision.

Les lames sont en argent pur. Pour obtenir la formation, à leur surface, d'un dépôt de sel d'argent d'épaisseur constante, on a pris de très grandes précautions. Les lames à sensibiliser sont plongées, comme électrodes positives, dans une solution au $\frac{1}{10}$ de bromure ou d'iodure de potassium; elles se trouvent toujours à la même distance de l'électrode négative, constituée par une lame de platine de même étendue. Le courant est fourni par un élément Daniell, alimenté avec une solution saturée de sulfate de cuivre et une solution également saturée de sulfate de zinc; on filtre toujours ces deux solutions avant de les employer. La pile n'est montée qu'au moment de s'en servir, et les liquides qui la forment sont renouvelés, ainsi que la solution d'iodure et de bromure de potassium, dans l'auge, à chaque opération nouvelle. La pile et l'auge sont placées dans de la glace fondante. Les fils qui réunissent les lames d'argent aux pôles de la pile sont gros et courts, et leur résistance est négligeable par rapport à celles des liquides de l'auge et de la pile.

En raison de toutes les précautions prises, on peut admettre que le circuit traversé par le courant présente toujours la même résistance en même temps que la force électromotrice de la pile ne varie pas: l'intensité du courant ne varie pas, et, en le faisant passer toujours, pendant le même temps, on obtient le même dépôt de sel d'argent.

Les recherches portent sur les points suivants :

1° Étant données la même lame et la même source lumineuse, quelle est l'influence de la distance qui les sépare?

Comparaison des sources, au point de vue de leur pouvoir éclairant et de leur énergie électrochimique.

2° Influence de l'étendue superficielle de la lame sensible.

3° Influence de l'épaisseur du dépôt de sel d'argent.

4° Effets produits par la même quantité de lumière tombant sur des lames d'étendue différente, mais préparées identiquement de la même manière.

5° Influence de la nature de la lumière. Relation entre la force

Digitized by Google

électromotrice développée et la longueur d'onde de la lumière simple employée.

Les résultats numériques de ces recherches seront communiqués ultérieurement à l'Académie.

Des recherches ont été faites avec des lames sensibilisées et sèches, associées à des lames non sensibles avec lesquelles elles formaient des condensateurs ; elles ont abouti à des résultats satisfaisants, avec des lames de grande étendue. Des difficultés indépendantes de ma volonté m'ont arrêté longtemps dans la poursuite de mes expériences: j 'espère être en mesure de les reprendre bientôt.

Effets produits par un coup de foudre à Rambouillet — Note de M. A. Laugier, présentée par M. Faye. (Extrait.)

Hier samedi 10 novembre, à 11 h. 30 min. du matin, deux personnes ont été tuées par la foudre sur le territoire de Rambouillet.

... L'orage a commencé subitement par une violente grêle, suivie presque immédiatement d'un éclair et d'un coup de tonnerre simultanés, puis d'un second coup plus lointain, cinq minutes après.

C'est le premier coup de foudre qui a tué raides deux cultivateurs de cinquante à soixante ans, le mari et la femme, qui, surpris par la grêle, avaient été chercher un refuge sous un peuplier, au milieu d'un champ, à 500 mètres environ des maisons du hameau de Grenonvilliers, dépendant de Rambouillet. L'arbre a été coupé en deux: les deux victimes, dont les vêtements ont été déchirés et roussis, ont été frappées principalement à la tête ; le crâne de chacune d'elles était fracturé et percé à sa partie supérieure d'un large trou, profond, circulaire, comme celui qu'aurait pu produire un projectile d'un très gros calibre.

Une troisième personne, une femme âgée de soixante ans environ, qui se trouvait sous le même arbre, a eu seulement ses vêtements réduits en lambeaux et une légère brûlure à la tête et à l'un des coudes. Elle a déclaré n'avoir entendu aucun bruit, et, à la vue de ses deux compagnons foudroyés, s'est sauvée tout affolée jusqu'au hameau de Grenonvilliers, où elle a reçu les soins nécessaires.

La bourrasque avait duré au plus une demi-heure, de 11 h. 30 min. à midi.

Séance du 26 novembre 1885.

Sur une boussole magnétique à induction. — Note de M. Mascart.

L'inductomètre de Weber permet de déterminer l'inclinaison magné-

Digitized by Google

tique par la mesure des courants induits dans un cadre conducteur que l'on fait tourner alternativement de 180 degrés, d'abord autour d'un axe horizontal à partir de l'horizon, puis autour d'un axe vertical à partir d'un plan perpendiculaire au méridien magnétique. Telle est la méthode en usage dans plusieurs observatoires.

Si l'appareil est disposé de manière que l'axe de rotation du cadre puisse prendre une direction quelconque dans le méridien magnétique, et que l'on cherche par tâtonnements deux directions telles que, pour une rotation de 180 degrés, l'aiguille du galvanomètre éprouve des impulsions égales et de sens contraires, la bissectrice de ces deux directions donnera la position d'équilibre d'une aiguille d'inclinaison. Cette seconde méthode a été proposée récemment par M. Wild.

Il est clair que les courants induits doivent être nuls lorsque l'axe de rotation du cadre est exactement parallèle à la direction de la force magnétique.

Avec le procédé d'observation habituel, qui consiste à tourner le cadre de 180 degrés, on obtiendrait ainsi la même exactitude qu'en mesurant les angles d'impulsion; mais la méthode du *courant nul* permet d'éliminer toute mesure d'impulsion, ainsi que le réglage des positions initiale et finale du cadre mobile. On y trouve surtout l'avantage que, si l'on est déjà dans le voisinage de la direction cherchée, on peut, par des mouvements alternatifs du cadre de même période que celle des oscillations de l'aiguille du galvanomètre, multiplier les angles d'impulsion, de manière à rendre manifeste le sens d'une déviation qui eût été elle-même inappréciable. La précision de la méthode est ainsi considérablement augmentée; on peut alors diminuer beaucoup les dimensions du cadre tournant, et il suffit d'employer un galvanoscope de résistance convenable, auquel on donne le *maximum de sensibilité*.

J'ai cherché depuis plusieurs années à réaliser cette expérience au moyen d'un appareil facilement transportable. Il comprend un cercle azimutal sur lequel se meut un équipage qui porte un anneau mobile autour d'un axe horizontal; l'angle que fait cet anneau avec l'horizon est mesuré par un cercle vertical; le cadre, de $0^m,12$ seulement de diamètre, est porté par l'anneau et peut tourner autour d'un axe perpendiculaire à celui de l'anneau. Les dimensions de l'instrument ne sont pas plus grandes que celles d'une boussole d'inclinaison.

Une série de tâtonnements méthodiques permet d'abord de rendre l'axe de l'anneau perpendiculaire au méridien magnétique : par une seconde série, on amène l'axe de rotation du cadre dans la direction de l'aiguille d'inclinaison. Avec les retournements nécessaires pour éliminer les erreurs de réglage, l'observation totale dure moins d'une

Digitized by Google

demi-heure; c'est à peine le temps nécessaire pour déterminer l'inclinaison par une aiguille aimantée.

Quant à l'exactitude des résultats, elle ne paraît le céder en rien à celle que donnent les boussoles d'inclinaison, dont le maniement est si délicat. Je citerai, comme exemple, quelques nombres obtenus dernièrement par M. Moureaux à l'Observatoire du Parc Saint-Maur :

	Inclinaison.	
	Appareil d'induction.	Boussole de Brunner.
18 septembre 1885	65° 21′	65° 20′,7
27 — —	65° 24′	65° 23′,8
16 octobre —	65° 20′	65° 23′,4
21 — —	65° 22′	15° 18′,9
7 novembre —	65° 19′,5	65° 17′,5

Si l'on remarque que les observations n'ont pas été simultanées et que les résultats fournis par des boussoles d'inclinaison de différents modèles, observées au même instant, présentent rarement une concordance plus grande, on voit qu'il est difficile de donner une préférence motivée à l'une ou l'autre des deux méthodes.

Le réglage relatif au méridien magnétique est assez précis pour que l'appareil permette aussi de déterminer la déclinaison avec l'approximation d'une minute; il suffirait donc d'y ajouter une lunette pour avoir un véritable théodolite magnétique.

J'ajouterai que l'on peut encore diminuer les dimensions du cadre en y introduisant du fer doux; on rend ainsi les courants induits beaucoup plus intenses, sans aucun inconvénient, puisque les changements d'aimantation seraient encore nuls pour une rotation quelconque autour de la direction de la force terrestre.

Sur le synchronisme électrique de deux mouvements relatifs, et de son application à la construction d'une nouvelle boussole électrique. — Note de M. Marcel Deprez.

M. E. Blavier présente une note *Sur l'étude des courants telluriques.*

M. Quet présente une note *Sur la force d'induction produite au loin par un système quelconque de petits courants électriques plans dont l'intensité varie. Solénoïde sphérique équivalent.*

M. *Jamin* présente une note de MM. E. Bichat et R. Blondlot *Sur la mesure de la différence de potentiel des couches électriques qui recouvrent deux liquides au contact.*

Digitized by Google

SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PHYSIQUE

Séance du 16 novembre 1883.

M. le Président annonce à la Société les pertes regrettables qu'elle a faite, pendant les vacances, par la mort de MM. Plateau, membre honoraire, Alfred Niaudet, archiviste-trésorier honoraire, et Louis Breguet, membre fondateur.

M. le Secrétaire général donne lecture d'une lettre par laquelle M. Grezel fait connaître à la Société une pile de son invention, composée de zinc, d'une dissolution de soude caustique et d'une lame de cuivre entourée d'oxyde de cuivre noir comme substance dépolarisante. D'après l'auteur, cette pile, qui ne répand aucune odeur, fonctionne avec une grande régularité et donne, en court circuit, un courant qui reste constant pendant longtemps.

La pile présentée par M. Grezel nous semble offrir une grande analogie avec la pile au bioxyde de cuivre de MM. Lalande et G. Chaperon que nous avons décrite dans le numéro de l'*Électricien* du 1er août 1883. M. E. Reynier présente à la Société une nouvelle *pile-étalon* (voy. *l'Électricien* du 1er décembre 1883, nº 65, p. 489).

BIBLIOGRAPHIE

L'*Elektrotechnische Rundschau*. — Nous souhaitons la bienvenue à cette nouvelle revue d'électricité qui vient de paraître à Francfort-sur-le-Mein, sous la direction éclairée de M. le docteur Théodore Stein, président de la Société électrotechnique de cette ville. Cette revue a pris pour sous-titre: *Journal illustré des connaissances utiles du domaine des applications de l'électricité et spécialement de l'éclairage, du transport de la force et de l'électrothérapie.*

Nous n'avons qu'à applaudir à tous les nouveaux efforts tentés pour vulgariser « cette branche la plus vivace de la science des nations civi-« lisées (nous ne faisons que traduire les propres paroles de la « rédaction, qui servent d'introduction au premier numéro de la « Revue), cet enfant de prédilection de tous les chercheurs, qui a « accompli en peu de temps des progrès auxquels on n'aurait même « pas osé songer, il y a dix ans, sans être taxé de folie. Aussi, c'est

Digitized by Google

« bien à notre époque que s'applique cette pensée d'Arago : *Impru-*
« *dent qui prononce aujourd'hui le mot* IMPOSSIBLE. »

FAITS DIVERS

LE RÉSEAU TÉLÉPHONIQUE DE MULHOUSE. — Dans une communication faite au commencement de cette année à la Société industrielle de Mulhouse, M. Zweifel a fait connaître à ses collègues les progrès réalisés par le réseau téléphonique de cette ville, depuis l'époque où, sur l'initiative de la Société, la création en fut décidée.

Au début, en janvier 1881, le nombre des abonnés était d'environ 70; il s'est élevé progressivement jusqu'à 125, chiffre actuel.

Pendant la première année, les échanges de communication par le téléphone atteignaient à peine 200 par jour en moyenne, il s'est élevé progressivement jusqu'au nombre moyen actuel de 300 ; il est des jours où elles atteignent le chiffre de 600.

Dans le courant de l'année 1882, un réseau téléphonique a été installé aussi à Guebwiller, et ce réseau comprend, outre la ville, les localités environnantes : Issenheim, Bühl, Lautenbach, Jungholz, Wuenheim. Le nombre des abonnés est actuellement de 24. Ce petit réseau est relié à celui de Mulhouse et, depuis le 5 décembre de l'année dernière, tous les abonnés de Guebwiller, Issenheim, peuvent correspondre avec ceux de Mulhouse et de Sausheim, Ile Napoléon, Modenheim, Pfastadt, Dornach, également reliés.

Le nombre des transmissions entre les deux réseaux est d'environ 20 par jour.

Comme ceux de Mulhouse, les abonnés de Guebwiller payent 250 fr. par an. En outre, quand les communications doivent passer d'un réseau à l'autre, elles sont payées par le demandeur à raison de 0fr,25 chaque.

On sait que l'Administration des postes et télégraphes se charge de l'installation des réseaux, avec tous les appareils et locaux nécessaires ; mais les lignes de communication, reliant entre eux deux réseaux, sont établies aux frais des participants. La dépense est d'environ 500 fr. par kilomètre.

A Zurich, il y a quatre tarifs d'abonnement pour la ville, suivant l'étendue de la ligne et d'après l'usage de l'appareil. Le prix moyen est actuellement de 135 fr. Pour les abonnés très éloignés, la surtaxe est de 5 fr. par kilomètre.

Le développement rapide du réseau de Zurich, qui couvrira bientôt une superficie de 300 kilomètres carrés, est dû à la modicité et à la graduation des tarifs.

L. C.

—

CABLES TÉLÉGRAPHIQUES. — D'après de nouvelles expériences faites sur la vitesse de transmission sur les câbles de M. Jay Gould posés dans l'océan

Digitized by Google

Atlantique de Penzance à Canso, dans la Nouvelle-Écosse, 1000 mots du code télégraphique ont pu être transmis de Penzance et reçus à Canso en quatre-vingt-une minutes, y compris les répétitions et les corrections. Ces 1000 mots renfermaient 7288 lettres ou 1458 mots de cinq lettres chacun, moyenne admise pour la langue anglaise. La vitesse de transmission a donc été de 18 mots de cinq lettres par minute.

—

Duplex et simplex. — Parmi les innombrables compagnies lancées en Angleterre, en 1882, se trouvait la *Duplex*, créée et mise au monde pour exploiter la machine *Duplex*, la lampe *Duplex* et toutes sortes d'accessoires plus ou moins *duplex*, mais dont personne n'a, depuis, entendu parler. A l'heure actuelle, et malgré la situation embarrassée des compagnies d'éclairage électrique, des spéculateurs téméraires que les lauriers de la *Duplex Company* empêchaient probablement de dormir, lancent sur le marché la *Simplex Electric Light and Plant Company Limited* dont l'objet sera d'exploiter la lampe à arc *simplex*, et la lampe à incandescence *simplex* : la modestie de l'inventeur est regrettable, car il ne manque plus à sa compagnie qu'une machine dynamo *simplex* pour former un tout complet. Le capital sera de un million de francs.

Ce qu'est la lampe à arc *simplex*, le prospectus ne le dit pas, se contentant d'exposer qu'elle se distingue de toutes les autres lampes à arc existantes, par son extrême simplicité, son bon prix de fabrication, son économie de fonctionnement, et la fixité de la lumière ; de plus, *elle a été examinée par le professeur Sylvanus Thompson* et son rapport est extrêmement favorable. Pour cela, l'inventeur doit recevoir : 75 000 fr. en espèces, comptant ; 25 000 fr. espèces à six mois, et 600 actions libérées de 125 fr. ou 75 000 fr.

Quant à la lampe à incandescence *simplex*, il n'est pas dit, non plus, en quoi elle consiste exactement, mais les avantages spéciaux qui la placent au premier rang des lampes à incandescence sont : la forme particulière du filament, la durée et la force du charbon, la pureté de la lumière, la faible tension requise, de sorte qu'un plus grand nombre de lampes peuvent être alimentées par une force d'un cheval-vapeur que par tout autre système, le nouveau et efficace mode d'attache du filament, et le bon marché de la fabrication.

L'inventeur doit recevoir, pour cette autre découverte : 75 000 fr. argent comptant ; 75 000 fr. espèces à six mois, plus 75 000 fr. en actions libérées. En admettant que le papier ait de la valeur, l'inventeur (le nom de ce bienheureux mortel n'est pas donné) recevra 600 000 fr. En supposant que ledit papier n'ait aucune valeur, c'est encore 250 000 fr. en espèces que l'inventeur empochera. Pas si simple que cela, le *Simplex* ! Bon public, va !

J. A. B.

—

Les jouets électriques de l'Exposition de Vienne. — On a beaucoup remarqué à l'Exposition de Vienne une série de joujoux mignons, parmi lesquels il y a

Digitized by Google

lieu de citer des applications de lampes à incandescence du plus gracieux effet. La compagnie Swan exposait un ravissant bouquet de fleurs artificielles que l'on peut mettre à la boutonnière; sous les fleurs se trouve une petite lampe électrique renfermée dans une perle de porcelaine en forme de perce-neige. Deux petites chaînettes établissent la communication de la lampe avec un accumulateur minuscule que l'on dissimule facilement dans la poche. En faisant tourner un petit tube de verre rempli de mercure, on établit la communication électrique et la lampe devient incandescente. L'illumination soudaine et imprévue du petit bouquet produit l'effet le plus surprenant et le plus merveilleux que l'on puisse imaginer, à tel point qu'une personne qui se promenait dans l'Exposition, décorée de ce bouquet magique, amassait autour de lui une foule de curieux.

On a également pensé à éclairer à la lumière électrique des bijoux, et notamment des diamants et autres pierres précieuses. L'on comprend l'effet saisissant produit par cette habile combinaison de feux. Toutefois l'on ne peut guère s'attendre à ce que ces bijoux électriques restent longtemps en vogue, car la manipulation des accumulateurs apprendra par expérience que si l'acide sulfurique donne des feux aux diamants, il ne brûle pas mal non plus les tissus fabriqués et le tissu animal.

Citons encore l'allume-cigare d'Edison, un petit objet, sinon indispensable, au moins utile. A un manche ordinaire de porcelaine, pareil à ceux que l'on a l'habitude de voir dans les bureaux de tabac, est fixé un pied de lampe à incandescence, sur lequel on visse une lampe composée d'un carton d'amiante tenu par deux fils de platine.

Comme la résistance de ces fils serait trop faible, le même circuit alimente une lampe A qui se trouve placée derrière la première. Le contact s'établit au moyen d'un bras mobile auquel l'instrument est suspendu au moyen d'un double fil métallique. En soulevant le bras mobile, on agit sur un ressort situé à la partie supérieure de ce dernier, et le circuit se trouvant fermé, la lampe et le brûleur s'allument. Cet allume-cigare était installé dans le jardin du restaurant, car il ne faut pas oublier que, dans l'Exposition même, il n'y a que les foyers fumivores auxquels il ne soit pas formellement interdit de fumer. *Centralblatt für Elektrotechnik.*

—

Un monsieur très croyant, qui s'intéresse tout spécialement aux progrès de l'électricité, prétend que, dans un siècle, on devra remplacer dans les textes sacrés cette phrase, de la jeune servante : « Seigneur donne-nous de ton huile, nos lampes sont éteintes » par la suivante : « Seigneur prête-nous ton accumulateur, les nôtres sont déchargés ».

(*Extrait d'un journal allemand*).

Le propriétaire gérant :
G. MASSON.

Digitized by Google

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME VI, DU 1er JUILLET AU 15 DÉCEMBRE 1883

A

Académie des sciences, 37, 89, 133, 187 229, 285, 332, 373, 428, 473, 516, 574.

Bisson (E.). Solution du problème de la détermination du méridien magnétique par la boussole elle-même, sur les navires en fer, 377.

Boulanger. Sur le transport et la distribution de la force. Expériences faites par M. *Marcel Deprez*, 380.

Cabanellas. De la puissance mécanique passive, de la résistance intérieure et du champ magnétique des régimes allure-intensité, 41. — Généralisation du théorème de M. *Thévenin*, 190. — Sur la mesure des différences de potentiel et des résistances entre électrodes, 285. — Loi électrique de conservation de l'énergie sous toutes formes, 373. — Théorème : dans tout système en équilibre dynamique la somme algébrique des produits respectifs des différences de potentiels par les courants est égale à zéro, 473. — Fonctionnement d'une turbine et d'un moteur électrique, 474.

Chervet. Sur un nouvel électromètre capillaire, 373. — Distribution du potentiel dans des masses liquides de forme déterminée, 377.

Colladon. Sur les incendies allumés par la foudre, 373.

De la Croix. Sur un sondeur électrique pour grandes profondeurs, 522.

Denza (P.). Sur la connexion entre les éclipses de soleil et le magnétisme terrestre, 40.

De Brettes (Martin). Impression automatique des dépêches téléphoniques ou transmises par la lumière, 90.

Ducretet. Sur un galvanomètre universel sans oscillation pour la mesure rapide des courants de grande intensité ou de haute tension, 187.

Friedel et Curie (J.). Sur la pyroélectricité dans la blende, le chlorate de sodium et la boracite, 133.

Griveaux. Sur l'énergie électrochimique de la lumière, 574.

Krouchkoll. Sur les courants d'émersion et de mouvement d'un métal dans un liquide et les courants d'émersion, 136. — Sur la variation de la constante capillaire des surfaces eau-éther, eau-sulfure de carbone sous l'action d'une force électromotrice, 41.

Laugier. Effet produit par un coup de foudre à Rambouillet, 576.

Le Cordier. Actions électrodynamiques renfermant des fonctions arbitraires et des hypothèses qui déterminent ces fonctions, 92. — Comparaison des hypothèses des fluides magnétiques et des courants moléculaires, 232. — Sur l'induction, 332.

Le Goarant de Tromelin. Nouveau galvanomètre apériodique, 517.

Marcel Deprez. Sur le transport de l'énergie mécanique, 38. — Moyen de désaimanter les montres qui ont été

Digitized by Google

aimantées par le voisinage d'un champ magnétique puissant, 92.

Mascart. Sur une boussole magnétique à induction, 576.

Moigno (l'abbé). Résistance sous laquelle doit naître le courant des machines magnéto-électriques ou dynamo pour produire son effet à distance à travers de grandes résistances extérieures, 40.

Oberbeck (A.). Sur l'interférence électro-dynamique des courants alternants, 37.

Picard Pierre. Sur une méthode rapide pour déterminer le travail absorbé ou rendu par une machine dynamo-électrique, 524.

Quet. Sur les rapports de l'induction avec les actions électro-dynamiques et sur une loi générale de l'induction, 89. — Sur l'application de la méthode d'Ampère à l'établissement de la loi élémentaire de l'inductiou électrique par déplacement, 92. — Sur l'application de la méthode d'Ampère à l'établissement de la loi élémentaire de l'induction électrique par variation d'intensité, 229. — Lois de l'induction due à la variation de l'intensité dans des courants de formes diverses, 332. — Sur l'induction due à la variation d'intensité du courant électrique dans un circuit plan et dans un solénoïde cylindrique, 377. — Sur l'induction produite par la variation d'intensité du courant électrique dans un solénoïde sphérique, 428. — Sur la force d'induction qui est due à la variation d'intensité dans le courant électrique d'un multiplicateur à spirale plate, et sur la comparaison de cette force avec celle qu'exerce à de grandes distances un solénoïde sphérique ou un soleil fictif solénoïdal, 473. — Sur le potentiel de la force d'induction due à un solénoïde fermé dont le courant varie d'intensité. Analogie avec un théorème d'électromagnétisme, 516.

Reynier (E.). Sur la mesure des forces électromotrices, 519.

Righi (Aug.). Sur le phénomène de Hall, 376.

Simonoff. Sur un photomètre optique, 518.

Tovo (F.). Sur un produit thérapeutique d'électrisation interne destiné à combattre les maladies vermineuses, 41.

Trochot (Ch.). Nouvelle méthode pour déterminer les limites de l'électrolyse, 134.

Thévenin (L.). Sur un nouveau théorème d'électricité dynamique, 135. — Sur la mesure des différences de potentiel au moyen du galvanomètre, 229.

Widemann (C.). Nouveau mode d'isolement des fils métalliques employés dans la télégraphie et la téléphonie, 428.

Accumulateurs électriques (Puissance d'emmagasinement des), 35. — Polarisation (—), 162. — La traction par (—), 193, 241. — Sur la force électromotrice, la résistance et le rendement des (—), 276, 315. — Rapport sur les conditions de fonctionnement industriel des (—) Faure-Sellon-Volckmar, 395. (—) Nouveau modèle, 514.

Aérostat dirigeable électrique de MM. Albert et Gaston Tissandier, 402.

Appareils magnétiques de M. *Mascart*, 416, 445, 507.

Appareils nouveaux à l'Exposition d'électricité de Vienne, 385, 481.

Appel magnéto-électrique de M. Abdank-Abakanowicz, 177.

Art militaire. Applications de l'électricité à l' (—), 550.

Association française pour l'avancement des sciences, 233.

Auto-excitation en double circuit, 534.

B

Bibliographie. Annuaire de l'électricité pour 1883 par A. Révérend; la navigation électrique par Georges Davy, 43. — L'industrie de l'éclairage électrique, par M. Philibert Delahaye, 138. — Electricity and Magnetism, par M. Fleeming-Jenkin, 138. — L'éclairage électrique et l'électricité dans la vie domestique, H. de Graffigny, 139. — Parallèle entre le transport de la force à distance par l'électricité et les modes de transport mécaniques les plus usuels, 139. — Internationale Zeit-

Digitized by Google

schrift für die electrische Ausstellung in Wien, 190. — An Introduction to Physical Measurements, par le docteur F. Kohlrausch, 238. — Théorie mathématique des phénomènes électro-dynamiques par André-Marie Ampère, 286. — Zeitschrift des elektrotechnischen Vereins in Wien, 286. — Die Volkswirthschaftliche Bedeutung der Elektricität und das Elektromonopol, par Arthur Wilke, 333. — Des progrès récents réalisés dans la construction des lignes télégraphiques et téléphoniques par Henry Vivarez, 380. — Electricity and its Uses, J. Munro, 381. — L'électricité à l'Exposition internationale et coloniale d'Amsterdam, 381. — The Chemistry of the Secondary Batteries of Planté and Faure par H. Gladstone, etc., 381. — Dictionnaire d'électricité et de magnétisme, par Ernest Jacquez, 450. — Traité pratique d'électricité comprenant les applications aux sciences et à l'industrie, 474. — La traction électrique par accumulateurs appliquée aux tramcars par E. Reynier, 477.

Bidwell (Shelford). Mesure des résistances électriques avec courant constant, 113

Blast (Cl.) et Miest (E.). Application de l'électrolyse à la métallurgie, 353, 454.

Block-system automatique de Hadden, 23.

Boistel (E.). Mesure des très faibles résistances, 20. — Note sur l'emploi du galvanomètre de torsion avec boîtes de résistances de MM. Siemens et Halske, 252.

Boulanger. Note sur le transport de la force par l'électricité faite à Grenoble par M. Marcel Deprez, 290. — Rapport sur le transport et la distribution de force à distance, faites à Grenoble par M. Marcel Deprez, 337.

Boussole. Note sur une (—) magnétique à induction, 576.

C

Cabanellas. Sur un point fondamental de théorie. Seconde réponse à M. Cornu, 251.

Caractéristique des dynamo excitées en dérivation, 436.

Cauderay. Nouveau compteur d'électricité, 180.

Chavannes (Roger). De la caractéristique des machines dynamo-électriques excitées en dérivation, 436.

Chenut. Contrôleur de la marche des trains, système *Brunot*, 106. — Sonneries pour l'arrêt des machines à vapeur, 158. — Indicateur électrique pour usines, système *Danzer*, 265. — La lampe *Tihon*, 301. — Les appareils nouveaux à l'Exposition internationale d'électricité de *Vienne*, 385, 550.

Cloisonnements. Vases poreux et (—), 529.

Comité général de la communication souterraine à *New-York*, 225.

Conducteurs, en bronze siliceux, 424.

Coupe-circuit automatique de *Killingworth Hedges*, 86.

Cornu. Sur un point fondamental de théorie; dernière réponse à M. *Cabanellas*, 204.

Correspondance anglaise :

J.-A. Berly, 56, 67, 108, 168, 215, 265, 307, 348, 411, 438, 502, 559. — Ammètre, 411. — Chemin de fer électrique, 28. — Congrès électrique, 350. — Éclairage électrique à Londres, 67. — (—) par incandescence, rapport du colonel Haywood, 68. — (—) et les musées, 108. (—) Maxim, 348. — Le rapport annuel du Post Office, 170. — Lampe-soleil, 71, 174. — Succédané de la gutta-percha, 112, 310. — Tramway électrique, 217. — Téléphone de Saint-George, 311.

Correspondance :

Lettre de M. *Desroziers*, 43.

D

Ph. Delahaye. Le gaz et l'électricité au point de vue de l'éclairage des villes, 5.

S. Dolinar. L'éclairage des trains de chemins de fer par incandescence, 358.

Distribution d'électricité à Sainte-Étienne, 511.

Dynamos. Voy. *Machines*.

Digitized by Google

E

Eclairage électrique des ateliers et des grands espaces, Jamieson, 28. — (—) du pont de Brooklyn à New-York, 33. — (—) (l'éclairage par incandescence), 74, 125. — (—) des trains par la lumière, 115. — (—) appliqué à la micrographie, 119. — (—) des trains par l'incandescence, 358. — (—) à Londres, 67. — (—) à Londres (éclairage par incandescence), 68.

Edison-Hopkinson. Nouvelle machine dynamo-électrique, 351.

Électrolyse. Sur un essai d'application de (—) à la métallurgie, 353, 454. — (—) appliquée à la séparation des métaux, 304.

Électricité (L') et les incendies, 466.

Étalon par *Emile Reynier*, 489.

Expériences. Les (—) de Grenoble, 289, 337. — (—) sur les piles thermo-électriques de *Noé*, 441.

Exposition d'électricité de *Vienne* : les appareils nouveaux, 220, 585, 550, 579.

F

Faits divers, 45, 93, 141, 190, 238, 287, 333, 382, 431, 477, 526.

Frölich (O.). Sur la résistance de l'arc voltaïque, 367.

G

Galvanomètres. Les (—) étalonnés, E. Hospitalier, 146, 205. — Note sur l'emploi du galvanomètre de torsion avec boîte de résistance de MM. *Siemens et Halske*, Boistel (E.), 252.

Gaz et électricité au point de vue de l'éclairage des villes, 5.

A. *Gérard*. Nouvelle machine dynamo-électrique, 566.

H

Halwachs. Force électromotrice, résistance et rendements des accumulateurs, 270, 315.

Hospitalier. Sur les limites du transport de la force à distance par les lignes télégraphiques aériennes, 10. — Nouvelle pile à oxyde de cuivre de MM. de Lalande et G. Chaperon, 97. — Les galvanomètres étalonnés, 146, 205. — La traction électrique des tramways, 161. — Note de M. *Boulanger* sur le transport de la force par l'électricité fait à Grenoble par M. *Marcel Deprez*, 289. — Les expériences de Grenoble, 341. — Les lignes souterraines en France, 434.

I

Indicateur d'incendie, 87.

Indicateur électrique pour usines système *Danzer*, 263.

J

Jamieson. De l'éclairage électrique des ateliers et des grands espaces, 28.

Joule. Nouvelle vérification de la loi de (—), 572.

K

Killingworth Hedges. Coupe-circuit automatique, 86.

L

De Lalande et Chaperon, pile à oxyde de cuivre, 98.

Lampes : *Nothomb*, 124 ; *Tikon*, 301. — Conditions économiques des (—) de MM. *Siemens et Halske*, 329.

Leclanché. Sur le travail des piles Leclanché en service sur le réseau téléphonique de la ville de Paris, E. Reynier.

Leuchs. Nouvelle pile au peroxyde de manganèse, 314.

Lignes souterraines en France, E. Hospitalier, 433.

Lossier. Mesure des faibles résistances, 57. — Électrolyse appliquée à la séparation des métaux, 304.

Digitized by Google

M

Machines dynamo-électriques de *Siemens*, puissance et rendement, 324. — (—) *Edison-Hopkinson*, 331. — De la caractéristique des (—) excitées en dérivation, 436. — Nouvelle (—) *de A. Gérard*, 566.

Magnétisme (cause du) libre dans les métaux magnétiques, 32.

Mascart. Appareils magnétiques, 416, 445, 507.

Mesure des faibles résistances, 57. — (—) des résistances électriques avec courant constant, 113.

Meeting de *Liège*, 233.

Micrographie. Éclairage électrique appliqué à la (—), 119.

Moteurs électriques et les moyens de les gouverner, 221, 268.

N

Nécrologie, 429, 524.

Noé. Une nouvelle expérience sur les piles thermo-électriques de (—).

Notes d'Angleterre, 84.

Nothomb (Lampe), 124.

P

Photométrie des foyers électriques, Violle, 154. — Un nouveau photomètre, 560.

Pile de Lalande, 98. — Pile de Leuchs, 314. — Pile étalon, 489.

Polarisation des accumulateurs, 102.

Pont pour la mesure des faibles résistances, 20.

Puissance et rendement des dynamos *Siemens*, 324.

Puissance d'emmagasinement des accumulateurs, 35.

R

Rapport sur les expériences de transport et de distribution de force à distance faites à *Grenoble* par M. *Marcel Deprez*, 337. — (—) sur les conditions de fonctionnement industriel des accumulateurs *Faure-Sellon-Volckmar*, 394.

Reinisch (A.). Nouvelle vérification de la loi de Joule, 572.

Rendement des machines dynamo-électriques *Siemens*, 324.

Résistances. Mesure des (—) faibles, 57. — Mesure des (—) à courant constant, 113. — (—) de l'arc voltaïque, 367.

Reynier. Sur le travail des piles Leclanché en service sur le réseau téléphonique de la ville de Paris, 1. — Sur le prix du travail fourni par les piles hydroélectriques, 49. — Sur le prix du travail fourni par les piles MM. de *Lalande et Chaperon*, 103. — La traction par accumulateurs, 193, 241. — Expériences sur l'attaque locale des zincs en circuit ouvert, 296. — Vases poreux et cloisonnements, 529.

S

Séguéla. De la traction des machines électriques, 343, 402, 540.

Schwartzkopff. Appareil électrique de sûreté, système (—), 557.

Siemens (W.). L'éclairage par incandescence, 14, 125. — Puissance et rendement des machines dynamo-électriques (—), 324.

Siemens et Halske. Conditions économiques des nouvelles lampes à incandescence de (—), 329.

Société des Électriciens, 59, 153.

Société de physique, 579.

Sonnerie pour l'arrêt des machines à vapeur, 158.

T

Tamine. Polarisation des accumulateurs, 162.

Téléphone. Le premier (—), Silvanus Thompson, 60. — Le réseau téléphonique de Mulhouse, 580.

Thomson (Silvanus). Le premier téléphone, 60.

Tissandier (G.). Aérostat électrique dirigeable, 402.

Digitized by Google

Traction électrique des tramways, E. Hospitalier, 161. — (—) par accumulateur, E. Reynier, 193, 241. — (—) par machines électriques, R. Séguéla, 343, 492, 540.

Transport de la force par l'électricité. Expériences faites à Grenoble par M. *Marcel Deprez*, 289.

Trouvé. Bijoux électriques lumineux de (—), 570.

W

Waltenhofen (Dr de). Une nouvelle expérience sur les piles thermo-électriques de *Noé*, 441.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES DU TOME VI.

9813. — Imprimerie A. Lahure, 9, rue de Fleurus, à Paris.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

DATE DUE

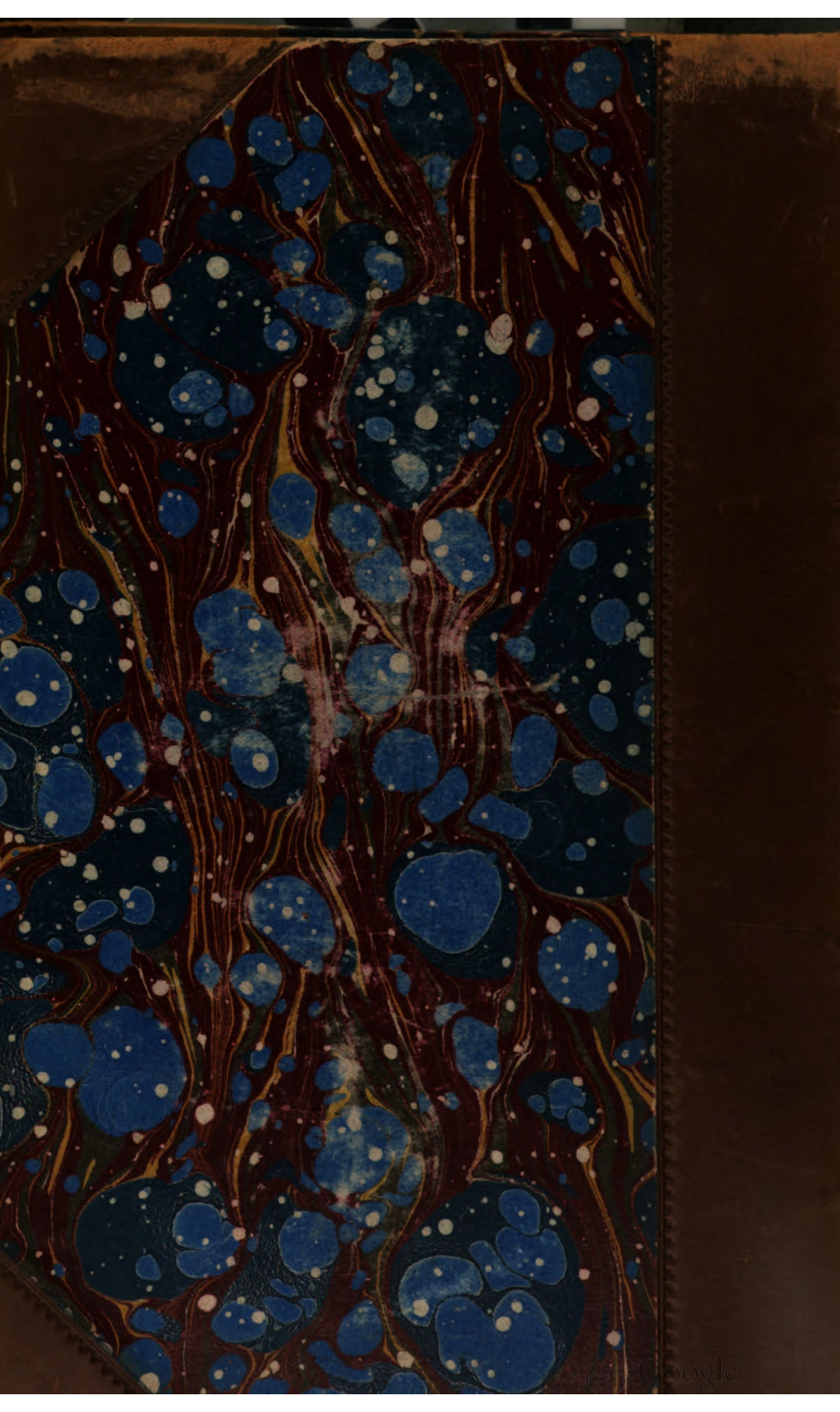
SEP 0 8 2008

JUL 14 2008

GAYLORD 234

PRINTED IN U.S.A.

Digitized by Google


Digitized by Google